



中国力学学会

会 讯

## 目 录

### ● 学术活动

- 中国力学学会学术大会' 2005 (CCTAM' 2005)总结..... (1)
- 第十八届国际反应堆结构力学会议纪要 ..... (9)
- 中南地区中青年力学沙龙第一次活动举行 ..... (10)
- 2005 年全国固体力学青年学者研讨会简介..... (11)
- 中国科学技术协会青年科学家论坛第 100 次活动  
    纳功能器件系统的交叉学科问题论坛活动纪要 ..... (16)
- “水下爆破”专题研讨会会议纪要..... (26)
- 沿着爱因斯坦的足迹  
    ——献给 2005 年世界物理年 ..... (28)

### ● 地方学会信息

- 首届江苏省大学生材料力学实验竞赛总结 ..... (30)

### ● 会议通知

- “新型工程材料对固体力学的挑战” 中青年专家学术研讨会通知..... (33)

### ● 简讯

- 沉痛悼念周履先生 ..... (34)

### ● 科协学科发展蓝皮书选登

- 我国复杂系统非线性动力学理论和应用研究进展 ..... (35)

**学术活动**

## 中国力学学会学术大会'2005 (CCTAM'2005)总结

### 一、会议概况

由中国力学学会主办,中国力学学会和北京工业大学共同承办的“中国力学学会学术大会'2005”(Chinese Conference of Theoretical and Applied Mechanics - 2005,简称CCTAM'2005)于2005年8月26~28日在北京召开。大会主席由中国力学学会理事长崔尔杰院士担任,副主席有程耿东、贺德馨、李家春、沈为平、苏先樾、王自强、吴有生、杨卫、卢振洋、张泽。

来自中国科学院、高等院校、研究院所和其它单位的全国各地代表1200余人参加了这次大会。会议共收到论文1615篇,分为15个分会场和45个专题研讨会。从代表人数和论文篇数来看,这无疑是我国力学界一次规模空前的学术盛会。大会交流和讨论的内容涵盖了固体力学、流体力学、一般力学(动力学、振动与控制)、生物力学等多数力学分支学科领域,反映了近年来我国力学研究和应用领域取得的主要进展和成果。

本文对CCTAM'2005的学术报告内容进行了简单总结。这些报告充分反映了新世纪力学学科研究的前沿和我国力学工作者的主要研究进展。

(更多内容请参见CCTAM'2005主页(<http://www.cstam.org.cn>)和论文摘要集)。

### 二、我国力学研究近期主要进展

这次大会的学术活动采用了大会邀请报告、专题邀请报告、分会报告、小型专题讨论会、青年学术沙龙等多种交流形式。其中,大会邀请报告力求反映力学及其交叉学科的研究趋向,以综述性报告为主体;专题邀请报告主要介绍各力学分支学科的前沿研究和代表性成果;而由各学科专业委员会及专业组和专家个人负责组织的分会报告和专题讨论会则比较全面地反映了我国在各领域的研究进展。

#### 1. 大会邀请报告

会议共安排了大会邀请报告8篇。顾诵芬院士的报告“航空科技发展有赖于力学的支持”,介绍了航空科技在国民安全和国民经济中的作用、军用和民用飞机的发展趋势、力学在航空科技中的重要作用等问题。顾诵芬院士特别指出:力学在解决大型飞机设计中所遇到的很多难题方面大有可为的,航空工作者应该与力学更多地结合。程和平教授的报告“钙火花与细胞钙信号系统”综述了钙信号生物学领域的研究现状,尤其重点介绍了其研究组近年来在该领域的一些重要成果。朱位秋院士做了“国内非

线性动力学近期研究进展与展望”的报告,评述了近 20 年来国内一般力学界众多学者在确定性和随机非线性系统动力学与控制方面取得的创新性成果,包括在 2002 和 2003 年获得国家自然科学基金二等奖的项目“随机激励的耗散的 Hamilton 系统理论”和“复杂非线性系统的某些动力学理论与应用”。他还指出了今后非线性动力学研究的重点是复杂(多自由度、强非线性、多稳态、时变、时滞、非光滑等)系统以及生物、生态、信息、金融、经济等领域中的非线性系统的动力学和控制问题。钟志华教授报告的题目是“汽车设计与制造中若干重要力学问题”,他重点讨论了汽车整车动力学仿真、汽车碰撞、汽车车身冲压、汽车零部件锻压等方面力学问题和研究成果。他还特别指出,汽车的自主创新离不开力学的支持;汽车工程中还有很多力学问题需要更好的解决办法,因此力学科研工作者在汽车工程领域大有可为。胡文瑞院士的报告“热毛细作用的液滴迁移”概括了国家微重力实验室在微重力环境下液滴迁移方面的系统工作,包括若干模型的数值模拟和实验研究。郑泉水教授的报告题目是“碳纳米管超快纳机电系统—实验模拟和跨声子效应”,他阐述了用多壁碳纳米管制作 10 亿赫兹机械振荡器的理论构想,并回顾了国际上该领域的主要研究进展。于起峰教授的报告“实验力学在国防建设中的研究进展与应用”全面综述了我国实验固体力学近年来在国防建设领域的主要研究进展和应用成果,并介绍了其研究组在各种运动目标的轨迹和姿态测量方面取得的研究成果。他强调指出,力学工作者具有数理基础好、物理概念清楚的优势;力学工作者要经常接触工程界,让工程界了解力学能够解决他们的问题,对于所发现的工程问题,要能够提出一揽子解决办法。孟庆国博士的报告“力学学科现状与发展趋势”对国内外力学学科的发展形状、特点和前沿领域进行了全面概括,介绍了国内研究的优势学科和薄弱方向,指出了当前需要重点关注的研究领域和科学问题,并对国家自然科学基金现有资助项目的布局进行了分析。

## 2. 分会场及专题研讨会报告

### 1) 固体力学

在 CCTAM'2005 的 15 个分会场中,有 7 个固体力学领域的分会场,在 25 个专题研讨会中,固体力学占 12 个。这大体上反映了固体力学领域的科研人员在我国力学科研队伍中所占的比重。从报告内容上看,一些传统的固体力学研究领域,如材料的力学行为、计算固体力学、实验力学、岩土力学、地球动力学、细观力学等仍然占据本次大会的主体地位。在这些领域,我国力学工作者具有较强的科研实力,在相关的固体力学理论、实验和计算方法上,都取得了长足的进展,为国民经济和国防建设做出了很大贡献。此外,我国学者在纳米结构材料的力学和物理行为的分析与表征、微纳系统与生化微纳系统、分子物理力学等新兴学科方面也取得了一批具有国际影响的科研成果。

大会的很多报告反映了固体力学在工程技术领域的重要作用。杜善义院士在题为

“热防护材料及其力学问题”的报告中，全面介绍了超高声速飞行器的热防护要求以及相关的材料设计问题，包括热防护材料的需求与研发趋势、超高温环境下烧蚀材料的应用及力学问题、热防护材料的性能表征与评价。他指出，在热力环境中，材料的力学行为和结构安全性分析至关重要。谢和平院士在题为“灾害环境下重大工程安全性基础研究进展”的报告中指出，我国西部具有十分复杂的地质结构，地质灾害势必严重威胁重大工程的安全。因此，如何保障重大工程建设和运营过程中的安全性，是亟待解决的问题，他还介绍了他们在国家重点基础研究发展规划项目中取得的重要进展。

在固体力学理论研究方面，王自强在题为“铁电材料非线性本构行为”的固体力学分会场报告中，介绍了他们发展的考虑电畴翻转体积分数的铁电材料本构关系新模型，他们建立了一个最小能量原理，导出了电畴翻转的能量准则，对电力耦合加载的实验进行了系统的有限元分析，理论预测和实验结果符合很好。黄筑平在题为“多相超弹性介质中表/界面效应”的分会场邀请报告中，介绍了他与王建祥在连续介质力学框架内考虑纳米结构材料的表/界面能影响方面的最新成果。魏悦广介绍了其研究组围绕薄膜/基体界面失效所开展的系列研究工作，包括薄膜的线性和非线性脱胶和撕裂、模型和实验、尺度效应、界面行为的表征等方面。方岱宁教授用积分变换、分子动力学模拟等方法研究了微纳米器件的力学行为。陈常青介绍了在开孔泡沫材料弹塑性行为方面的系统研究成果。周益春采用纳米压痕技术表征了两种典型薄膜（即脆性薄膜/脆性基底的压电薄膜和韧性薄膜/韧性基底的电沉积镍镀层薄膜）的力学行为。范镜泓的“跨原子的细/微/宏观材料多尺度模拟的新方法”、周又和的“高温超导体磁热相互作用的磁通跳跃稳定性研究进展”、仲政的“功能梯度材料与结构的力学研究进展”、谢惠民的“光测力学新技术及应用”、卢天健的“超轻多孔金属的多功能复合特性”、张洪武的“多相多孔介质的稳定性问题与失效破坏分析”、李振环的“微尺度下材料的损伤机制及模型研究”、冯西桥的“智能切削技术的断裂力学研究”等很多有趣的报告，都从不同侧面反映了我国在固体力学各个方面的研究进展。此外，大量报告表明，我国学者还在微/纳米结构和材料的力学行为分析、微/纳米器械、与表面有关的现象分析等方向上取得了一批高水平的研究成果。

在实验固体力学方面，微纳米实验和测试技术的研究得到了众多学者的关注。亢一澜和雷振坤等利用微拉曼光谱技术测量了纤维滴的形状，并研究了多孔硅的毛细效应。何小元应用动态散斑技术对微陀螺的阻尼特性进行测试与分析。张青川等研制出光学读出微阵列红外成像系统。魏征和赵亚溥利用原子力显微镜研究了液桥生长的过程。何世平等利用微相关技术研究了记忆合金的晶粒变形。白树林报告了高分子合金界面性能的实验研究进展。胡小方利用 SR-CT 技术研究了泡沫铝内部微结构的破坏过程。缪泓等提出了投影条纹图的连续小波变换位相解调方法。谢惠民等研制出适用于低维材料力学性能测试的微力拉伸系统。李喜德报告了基于光学探针的微尺度检测技

术和方法并提出了 AFM 原位数字双曝光微纳散斑变形检测技术。在实验力学工程应用方面, 汤立群和黄培彦等研制了大跨度桥梁健康远程实时监测系统; 杨国标和方如华进行了“高精度回弹仿真系统开发”相关的双轴拉伸实验; 郑伟花和朱鸿茂提出超声散斑数字干涉技术测量物体的位移; 何存富提出了管道中纵横向缺陷的导波检测方法。

计算固体力学方面的论文在 140 篇以上, 反映了有限元法、边界元法、无网格法以及数值流形法等方法的理论和方法上进展, 以及在纳米科学、量子力学、新型材料、生物医学等领域中的广泛应用, 基本反映了国内计算固体力学研究的现有水平。微纳米尺度的计算方法、多尺度计算机模拟、新型计算方法及其并行计算、数值模拟、仿真与设计等是这次大会在计算固体力学方面的热点。如计算力学中的无网格法与数值流形法研讨会重点探讨了无网格法、数值流形法以及边界积分方法的构造、改进与应用, 展现了这些方法在高速冲击、爆炸和超大变形问题中独特的优势; 力学与应用数学中的高性能计算研讨会探讨了并行算法和大规模计算中的关键问题, 对并行计算在优化和流动等问题中的应用做了探讨; 计算固体力学及其工业应用和随机振动分析与材料制备的数值模拟两个研讨会则分别对物理与材料科学中的计算力学模拟、汽车车身和零部件的计算机仿真与设计、地震与桥梁结构的动力学分析等计算力学的实际应用领域展开了广泛的讨论。众多的报告表明, 计算固体力学在爆炸冲击、汽车设计与制造、结构与桥梁工程等实际问题分析中起着越来越重要的作用。

## 2) 流体力学

在 CCTAM'2005 的分会场和专题研讨会中和流体力学密切相关的有“流体力学进展”、“激波与激波管”、“流体动力与机电控制”、“计算力学”、“工业环境流体力学”、“海洋和水利工程中的流体力学”等。报告内容既有流体力学中经典的理论问题, 如湍流与流动稳定性、计算流体力学及数值方法, 又有大量流体力学应用于解决各种工程问题的范例, 如环境流体力学与风工程、航空航天工程、水利与海洋工程、流体机械, 微尺度流动等。

湍流和流动稳定性问题一直是流体力学界关注的中心, 在本次大会中也有不少报告。陆夕云的邀请报告“分层湍流和旋转湍流的大涡模拟研究”旨在探索分层流体所受浮力、旋转流体所受离心力和科氏力对湍流特性和物理机制的影响, 提出了适用于热分层剪切湍流大涡模拟的动力学亚格子尺度湍流应力和热通量模型, 以及适用于旋转剪切湍流大涡模拟并满足旋转湍流建模规则的动力学亚格子尺度模型。李存标的邀请报告总结了其近年来在关于边界层转捩中的一系列实验结果中发现的动力学过程, 认为类孤立波与涡环、二次涡环及涡环链一样是转捩边界层中的基本结构。

本此会议 CFD 的文章占有一定比例。李志辉等的邀请报告“稀薄流到连续气体流动问题统一算法研究”建立起基于 Boltzmann 模型方程能有效模拟稀薄流到连续流

不同流域气体流动问题的统一算法,弥补了传统 N-S 计算和 DSMC 模拟范围过载的不足,其数值实验结果与连续流理论值、N-S 与 DSMC 模拟的数值结果和相关实验结果一致性很好。

流体力学在航空工程中具有极为重要的地位。杨国伟的邀请报告“航空工程跨声速气动弹性研究进展”阐述了作者利用他们发展的基于多块网格的流体/结构耦合计算方法在数值模拟航空工程中动弹性方面的进展,如颤振、副翼蜂鸣、阵风响应等问题。环境问题和风工程是现在非常受关注的问题。顾志福的邀请报告“电厂直冷系统风效应风洞模拟”以中国北部某电厂空冷项目为对象,利用风洞模拟的方法研究了电厂直冷系统的风效应,并结合流动显示给出并分析了一些有典型意义的结果,重点讨论了不同条件回流现象产生的机理。在微流动方面,何枫的邀请报告“微管道中连续流或离散流的流动特征”介绍了其研究组在微槽道种气体流动的亚堵塞现象、微槽道液体流动的 Micro-PIV 测量、微槽道中的液滴运动等方面的研究工作。

### 3) 一般力学

CCTAM'2005 中以动力学、振动和控制为主要论题的分会场和专题研讨会会有“动力学、振动与控制”、“力学中的不确定性”、“随机振动分析与材料制备的数值模拟”、“力学中的 Hamilton 辛对偶体系”、“复杂系统动力学”、“机械系统非线性动力学、分岔和混沌”、“多体系统动力学和控制”、“结构振动与控制”、“转子动力学与电磁轴承”、“分析力学”。下面对其中的非线性动力学、多体动力学和控制、振动分析和控制和分析力学等方面的会议报告进行简单介绍。

在非线性动力学方面,复杂网络的问题尤其是神经元分析是大会的热点之一。陆启绍阐述了神经元放电活动和信息编码动力学的内容、意义和方法。王如彬提出用能量函数导出关于耦合神经元方程,其解析解可再现耦合条件下神经元的电参数,从而表明能量原理可以深刻地反映耦合神经元活动的物理本质。刘曾荣阐述了复杂系统的特性,开放性、非均匀性、非线性、自适应性和网络性。

机械系统中的分岔和混沌问题仍有大量研究。张伟利用改进能量相位法分析了两自由度机械系统的全局分岔和混沌,数值计算发现在三维相空间中存在一种新的 Shilnikov 型多脉冲跳跃现象。陈立群总结了作者在轴向运动弦线和梁的稳定性、振动和混沌的进展,包括变速运动粘弹性梁的稳定性,非线性粘弹性弦线和梁的稳态响应及其稳定性,截断阶数和基函数对分岔和混沌行为影响的数值研究等。丁千等总结转子系统非稳态动力学的一些典型现象,对转子启、停过程中碰摩、失稳、破坏等问题进行了研究。许斌等通过对单盘转子的同步碰磨及其稳定性分析发现 Jeffcott 模型多个全周碰摩数学解中仅有一个可能稳定并导出稳定性条件。

时滞和非光滑系统已受到不少关注。徐鉴等报告了时滞在实际系统中普遍存在性,概述了近年出现的时滞动力学系统模型及其主要分析方法。王在华等提出了一种估计

“功”函数的简单有效方法,通过分析系统的总“能量”的变化来判断系统是否由于耦合使得各振子停止振动而趋于一个稳定的平衡点。

在非线性动力学的理论和应用研究方面还有:徐健学讨论了与吸引子的吸引域相关问题。龙以明基于他们提出的辛矩阵路径指标迭代理论,得到一系列关于给定能量超曲面上非线性 Hamilton 系统周期解的数学结果。刘延柱介绍了分子生物学中的弹性杆模型和弹性杆形态的拓扑描述,讨论了 Kirchhoff 动力学比拟、弧坐标分析力学、弧坐标相关的稳定性理论。

多体系统的建模和数值算法是大会重点讨论的问题。洪嘉振总结了“动力刚化”、刚柔耦合系统建模、离散方法和实验研究的进展。刘才山等建立了多体系统含摩擦碰撞问题的一般理论,进而发展了处理含摩擦空间碰撞问题的算法。航天器动力学是多体动力学的重要应用领域。李俊峰等总结作者在卫星编队飞行和充液卫星晃动动力学方面的研究进展。袁长清等研究了柔性多体航天器的鲁棒姿态追踪控制问题,在存在模态不确定性和外扰动情形下用非线性逆系统加 PD 补偿实现控制。在机车、轿车、船舶、人体系统应用方面,张锐等对提速货车非线性多刚体问题进行了动力学仿真模型研究,利用 Matlab/Simulink 软件建立计及摩擦、交叉支承。郭京波等导出高速机车弓网接触力的灵敏度计算公式并应用于工程问题分析。

确定性振动的研究集中于非线性系统。陈树辉介绍了在强非线性振动系统的定量分析方面的研究成果,包括改进的 L-P 方法、椭圆函数摄动方法、广义谐波函数摄动方法、增量谐波平衡法、摄动一增量法和其他各种推广的摄动法等。郭树起等基于磁流变的 Bingham 模型导出了车辆传递函数的理论解并进行数值验证。陈贵清等基于 Galerkin 截断用多尺度法研究管道的流固耦合主共振和内共振。在随机振动方面,徐伟将路径积分法推广到随机参激和外激联合作用系统,并应用于几类典型非线性随机系统。李杰等阐述随机动力系统概率密度演化方法的原理、优点、数值实现及其应用。林家浩等提出求解移动荷载作业下结构响应的精确积分算法,可以等效荷载向量的渐进变化反映荷载移动位置的连续变化。孙东科等将虚拟激励法应用于板桥风致抖振分析中的多振型和振型耦合问题,并以青马桥为例计算了给定条件下的三维抖振响应。

分析力学的主要研究领域是系统的对称性和守恒量。梅凤翔等综述约束力学系统对称性的基本思想和最新进展。罗绍凯分别给出完整和非完整约束 Hamilton 系统的非 Noether 对称性和不同的守恒量以及绝热不变量。Hamilton 力学由于在算法设计方面的应用受到特别重视。钟万勰院士突出 Hamilton 系统的保辛特征,倡导将分析力学发展到分析结构动力学,由连续时间变量发展到离散时间变量,由同时刻位移向量发展到不同时刻位移向量,由始终不变的维数发展到有限元变动的维数,由物性的即时响应发展到考虑物性的时间滞后。

#### 4) 生物力学

大会的生物力学分会场收到摘要 90 余篇,共有来自全国各地 18 个高校、科研院所的专家学者 70 余人参加会议并作了报告。这次会议所涉及的内容包括:细胞-分子生物力学、心脑血管生物力学、组织工程中的生物力学、骨及软组织生物力学、口腔生物力学、运动生物力学、生物力学专用设备研制以及其他与生物力学相关的研究。

四位青年专家应邀作了专题邀请报告:中科院力学所的龙勉作了题为“2D Kinetics and Forced Dissociation of Selectin-Ligand Bonds”的报告,北京大学的谭文长作了题为“细胞内钙信号传导的动力学研究”的报告,复旦大学的覃开蓉作了题为“流动、应力与血管重建”的报告,清华大学的季葆华作了题为“*How Does Nature Design Strong Materials? A Biomimicking Point of View*”的报告。此外,候振德利用光测技术研究了骨裂间尖端压电电位分布的特点;张东升利用数字图像相关技术研究了牙本质的力学性能;姚学锋等进行了股骨头坏死的松质骨结构特征及生物力学特性的实验研究。

从分会场的报告和讨论中可以看出目前我国生物力学的发展呈现以下特点:研究队伍不断壮大并实现了年轻化。从参会的研究单位和研究人员的数目看,生物力学已成为力学研究的重要分支,一批中青年专家已经成为生物力学的中坚力量;多学科交叉融合:参会人员来自生物、医学、力学、工程等多个不同的专业,多数报告的研究内容都由多个单位协作完成;宏-微观多层次同步发展、基础研究与应用开发并进:报告中既有分子、细胞、组织、器官、系统等多个层次的基础性和机理性研究,也有直接面向临床的应用系统软硬件的研制。通过这次大会,与会者对目前我国生物力学的研究动态和最新进展有了较全面的了解,同时,增进了彼此之间的了解,为今后我国生物力学同行间的交流与合作奠定了基础。

此外,会议还探讨了我国生物力学下一步的发展方向和模式;并对第八届全国生物力学学术会议的相关事宜进行了调查和统计。

### 三、体会

CCTAM'2005 是到目前为止覆盖范围最广、级别最高的全国力学大会,在该会议上发表论文的数目和报告的类别大体反映了我国力学发展的现状。通过这次大会,我们有如下体会:

1) 目前,力学的研究对象和领域不断拓展,各传统分支学科之间的界限不断被打破,正如郑哲敏院士在大会闭幕式上所指出的,自然现象和工程问题本身是非常复杂的,它们通常并不告诉我们,这是一个固体力学问题还是一个流体力学问题。力学研究已经与物理、化学、生物、材料、微电子、环境、航天航空、交通、机械等众多学科相互融合,力学研究在面临诸多挑战的同时,也为力学的发展和更有效地为国民经济服务提供了很好的机遇。在这方面,会议上的许多报告都展示了我国力学工作者



的开拓精神和取得的创新成果。

通过这次大会也可以看到,现代力学所面临的对象的复杂性越来越明显,提出了一系列处于科学前沿的新问题和新领域,如微纳米力学,多场耦合力学,复杂介质力学行为,跨尺度关联与多尺度计算,生命科学中的力学问题,仿生力学;复杂系统非线性动力学,环境与灾害力学,非线性与远离热力学平衡的力学行为等。

2) CCTAM'2005 是中国力学学会推动学术交流改革的一次尝试,它充分借鉴国内外学术交流的成功经验,适应学术交流的新特点。过去多年来,我国力学界学术交流主要采取以专业委员会(组)为主的活动形式,这比较符合当时客观形势的要求,对推动学术交流和促进我国力学学科发展起到了重要作用。但是随着学术会议数量和频度的日益增加,会议之间难免会出现一些重复,给广大力学工作者参加会议带来一定的不便。而且近年来,交叉学科发展势头迅猛,成为许多新兴学科的增长点,因此,组织规模更大的多学科之间的学术交流,已成为力学学科发展和广大力学工作者的迫切要求。为了适应这一新的发展形势,学会经过多方征求意见、反复研究,决定组织尽可能包括所有力学学科在内的、全国性的大会—CCTAM'2005,并计划今后每两年召开一次。

3) 这次会议还充分反映说明,进一步加强与国民经济和国防建设重大需求的结合,是今后我们力学工作者的努力方向,我国国民经济和国防建设各个领域中都存在许多相关的力学问题需要力学工作者来参与解决,为力学工作者施展才能提供了广阔的天地,这次会议的一些大会报告和分会场报告在这方面起到了很好的示范作用。此外,在如何加强自主创新的基础研究仍是我们面临的重任。郑哲敏院士指出的,基础理论的创新性要体现在新概念、新发现和新方法上。因此,中国的力学研究仍然是任重而道远,我们深信,通过这次大会能够引起广大力学工作者的思考,从而进一步促进中国力学的全面发展。

(杨亚政; 汤亚南; 李 涛; 中国力学学会)

(冯西桥; 张 雄; 谢惠民; 清华大学工程力学系)

(王建祥; 李存标; 北京大学力学与工程科学系)

(陈立群; 上海大学力学系)

(蒲 放; 四川大学生物力学工程重点实验室)

(樊瑜波; 北京航空航天大学生物工程系)

(龙 勉; 中国科学院力学研究所)

## 第十八届国际反应堆结构力学会议纪要

国际反应堆结构力学会议 (International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology) 是核工程技术领域最早、规模最大、学术水平最高的国际性学术会议之一, 会议在世界主要城市每两年举办一次, 自 1971 年以来已举办 17 次。它一直在反应堆结构力学、核工程与设计领域起着学术先导作用, 并为全球反应堆结构力学工作者、核工程设计者和核电站安全运行人员和监督人员进行学术交流提供了良好的机会, 已经发展成为涵盖核工程与设计、核电站安全与运行、核燃料和废物管理等方面的综合性核工程国际会议, 对核能科学与技术的发展和进步起了重要和积极的推动作用。

此次会议从申办伊始就得到了中国力学学会、中国核学会以及清华大学的大力支持。经过多方共同努力, 在 2001 年于美国华盛顿举办的第十六届会议上, 与会专家通过投票表决, 决定 2005 年第十八届国际反应堆结构力学会议 (SMiRT18) 在中国举办。这是我国首次赢得的这种荣誉。

第 18 届国际反应堆结构力学会议由中国力学学会、中国核学会、清华大学主办, 清华大学核研院组织承办。会议顾问委员会由中国力学学会理事长崔尔杰院士、全国政协委员、清华大学前校长王大中院士、中国核学会主席王乃彦院士等 14 名国内外相关知名人士组成。会议于 2005 年 8 月 7 日至 12 日在北京举行。来自三十多个国家的三百七十多位代表, 其中国内 (含港、澳、台地区) 代表近百人出席了会议。

8 日上午 9 时在友谊宾馆举行开幕式。含崔尔杰院士、王大中院士、王乃彦院士等在内的二十多位特邀嘉宾与全体代表出席了开幕式。开幕式由清华大学核能与新能源技术研究院副院长、国际反应堆结构力学学会主席于溯源主持。中国核学会主席王乃彦院士、国际原子能机构副总干事谷口富裕 (Tomihiko Taniguchi)、国际反应堆结构力学学会顾问委员会主席 Asadour Hadjian 在开幕式上致辞祝贺。

在 8 日的开幕式上, 国际原子能机构副总干事谷口富裕、中国国家核安全局副局长李干杰、美国核管会工程技术部主任 Richard John Barrett、德国斯加特大学教授 Guenter Lohnert 分别作了题为《21 世纪世界核电厂安全和保障状况》、《加强核安全管理, 促进核能发展》、《核安全中的结构力学: 一种管理观点》、《高温气冷堆的过去、现在和将来》的大会发言。大会于 8 月 11 日组织参观了清华大学核研院昌平基地和中国原子能科学研究院。

我国的反应堆结构力学方面的研究起步较晚, 还有很多需要学习和研究的空间。但最近几年该领域研究发展非常迅速, 在某些领域, 例如高温气冷堆堆内石墨构建力

学问题的研究等方面已经处于国际领先水平。此次第 18 届国际反应堆结构力学会议在北京召开, 在国内反应堆结构力学界引起了很大的反响, 大会共收到包括十三个研究方向, 来自四十多个国家的七百多篇文章, 并从中选取收录文章 487 篇, 其中国内 (含港、澳、台地区) 文章 90 篇, 国际文章 397 篇。与会的国内外学者们在 74 个分会和 2 个专题会上, 在 5 天时间里进行了广泛、充分的学术交流, 共同探讨了反应堆结构力学以及核能领域的前沿问题。会议的成功召开, 对提高我国的反应堆结构力学的研究水平, 促进相关学科的发展起到了积极的推动作用。

大会的组织筹备工作得到大会代表的一致认可。

新华社、人民日报、光明日报、科技日报、中国教育报、中国核工业报等媒体的记者对大会进行了采访和报道。

## 中南地区中青年力学沙龙第一次活动举行

“中南地区中青年力学沙龙”第一次活动于 2005 年 11 月 12 日至 13 日在武汉华中科技大学举行。力学沙龙的宗旨是: 为中南地区活跃在力学教学科研一线的力学工作者提供一个轻松的和多方面的交流平台, 相互学习, 相互支持, 互通有无, 共同发展。来自中南大学、湖南大学、湘潭大学、南昌大学、武汉大学、武汉理工大学、海军工程大学、湖北工业大学、华中科技大学等单位的力学工作者 30 余人参加了此次活动。

活动期间, 开展了广泛深入的学术和信息交流, 气氛自由活跃, 代表们对学术上的问题进行了开放式的探讨, 同时增进了相互间的了解和友谊。参加交流的题目有: 金属力学性质与材料微结构关系的研究 (黄模佳), 磁电弹复合材料的三维通解和 Green 函数 (侯鹏飞), 规范空间中的固体力学 (郭少华), 复合材料软设计方法 (陈建桥), 输液曲管非线性振动的最新研究 (倪樵), 湍流的结构化理论 (邹文楠), Scaled-Boundary- Finite- Element- Method (SBFEM) for Fluid- Structure- Interaction (FSI) Problems (李上明), 混凝土面板堆石坝非线性应力变形仿真分析理论与问题 (徐远杰), 金属多孔材料的研究进展及其应用 (张俊彦) 等。

本次活动由华中科技大学力学系, 湖北省暨武汉力学学会共同组织举办。力学沙龙发起人之一, 华中科技大学力学系主任陈建桥教授主持了本次活动。代表们商定, 下次活动在长沙中南大学举行。

(华中科技大学力学系供稿)

## 2005年全国固体力学青年学者研讨会简介

由国家自然科学基金委员会数理科学部发起,国家自然科学基金委员会数理科学部和中国力学学会主办的“2005年固体力学青年学者研讨会”于2005年10月14~16日在杭州浙江大学召开。本次研讨会主席由清华大学冯西桥和浙江大学陈伟球担任。

在我国固体力学界,活跃着一大批有着良好研究基础和发展态势的青年学者,他们在固体力学的不同领域已经取得了有一定影响的研究成果,并将在今后相当长的时间里对本学科的发展起到越来越大的作用。如果能够为他们提供更好的科研条件和更大的舞台,无疑对我国固体力学的进一步发展有十分积极的意义。鉴于此,本次研讨会邀请了从事固体力学研究的4位著名青年科学家以及大约30位40岁以下的优秀青年学者,就他们的近期研究成果进行了比较系统和深入的交流,就固体力学发展的新趋势以及所面临的挑战性科学问题进行了研讨。以下对会议内容加以简单介绍。

微纳米力学是本次会议的热点话题之一。方岱宁教授在其特邀报告“微谐振器的热弹性尺度效应”中,系统介绍了梁形微谐振器中能量耗散的一种重要机理——热弹性衰减,其研究表明,微米尺度梁形微谐振器存在着显著的热阻尼,梁的中点位移与热矩的振幅会发生衰减,振动频率增加,这些特性与梁的尺寸有关。魏悦广的特邀报告“对固体力学研究方向演变的思考及应对”回顾了近10年来固体力学主要研究方向的转移,即从“固体的非线性本构关系、断裂、损伤及破坏”的宏细观力学研究,已经转向了以多参量、多尺度、学科交叉等为特点的微纳米尺度力学。他的报告结合纳米晶体材料力学行为的实验及观测结果,基于微尺度力学方法,模拟了纳米晶材料复杂的硬度/压入深度变化特征,为纳米晶材料力学性能表征和材料参数的反分析提供了理论基础。郭旭介绍了一种基于高阶Cauchy-Born准则建立碳纳米管本构模型的方法。他通过引入高阶变形梯度,合理地修正了传统Cauchy-Born准则在描述纳米管变形几何关系时所存在的缺陷,得到了基于广义连续介质模型的单壁碳纳米管的本构关系。

汪越胜的特邀报告题目是“弹性波带隙功能材料与结构的力学问题”,他首先对声子晶体这一新型交叉学科领域的现状进行了系统的综述,介绍了声子晶体材料的特殊性质和其中的若干重要力学问题,进而报告了其研究组在该领域的研究进展。许震宇总结了他近期在应变可调光子晶体和声子晶体领域开展的设计、计算和实验工作,探讨了光子晶体的变形对其光带隙性能的影响,即力致变色效应,为压力传感器、应变片等器件的设计提供了新的思路。陈伟球首先评述了回传矩阵法及其在桁架结构的

瞬态响应分析和层状介质中的瞬态波动研究等领域的应用,该方法列式统一,物理意义明确,显示了很多计算上的优点。然后报告了他最近在回传矩阵法上所做的理论研究工作,对于一般的常微分方程系统,通过坐标变换建立了广义的相位关系,进而针对一般的节点物理模型,建立了广义散射关系,可以考虑非线性的影响。

多场耦合问题也得到了较多的关注。梁伟对纵向磁场下铁磁板的自由振动进行了分析,通过考虑不同几何构型下的磁场和磁场力,修正了经典的 Pao-Yeh 模型,利用该修正模型,分析了铁磁板纵向磁场下的振动频率与外加磁场的关系,与实验结果相符较好。杜建科研究了电磁弹性介质中局部脱粘的圆柱夹杂对反平面剪切波的散射。首先通过积分变换,将电磁弹性介质的运动方程简化为一个 Helmholtz 方程和两个 Laplace 方程,然后借助于波函数展开法,得到了理想连接的散射场,进而利用 Chebyshev 多项式展开方法,求解了裂面张开位移。

随着固体力学所涉及问题的日益复杂化和多样化,数值模拟的作用越来越重要,尤其是多尺度计算方法的研究已经引起了广泛的关注。刘彬报告了他和合作者在跨尺度、跨学科计算方法方面的工作,其一是利用基于修正的 Cauchy - Born 准则的连续介质力学方法,对碳纳米管的机电耦合行为进行了模拟,其二是发展了一套快速准确的原子级有限元方法,它可以与传统的有限元相结合进行高效的跨尺度模拟。唐少强介绍了一种连接原子尺度和连续介质力学模拟的拟谱多尺度算法。这种方法利用正规模态分解把原子的运动分为平均场部分和高频振荡部分,把计算区域分为分子动力学区域和纯粹粗网格区域,在分子动力学区域,用一种时间历史方法来提供边界条件,从而有效抑制界面反射;而在整个区域,采用一种微分算子匹配法来推导各阶精度的粗网格格式,并用重新赋值的办法保证粗细网格计算的一致性。王成概括了其所在研究组在计算爆炸力学方面的工作,其一是针对 Euler 坐标系下多物质界面处理的困难,提出并发展了网格线示踪点法,并利用该方法对环形聚能装药和大锥角聚能装药射流的形成进行了数值模拟;二是研究了煤气在不同环境条件下的爆炸特性,得到了氮气作为惰性气体时煤气的临界可燃浓度,并采用两阶段化学反应模型的多流体网格程序对管道内煤气爆炸问题进行了数值分析。周进雄概括介绍了他在非线性结构大变形形状优化的自适应无网格方法的研究成果。他将再生核质点法应用于几乎不可压缩材料大变形边界形状优化,讨论了无网格方法处理几乎不可压缩材料大变形时的体积闭锁问题,给出了基于混合变分原理、罚函数法以及缩减积分的处理方案。将无网格法和多家族遗传算法相结合,提出了一种无梯度、无网格形状优化方法。实现了 RKPM 的 h 型自适应分析,并将其应用于形状优化的响应分析。数值算例表明了无网格法求解非线性结构大变形及形状优化问题的有效性。申胜平介绍了他与合作者在基于无网格局部 Petrov-Galerkin 法的多尺度模拟方法方面的研究工作,该方法实现了分子动力学

和连续介质力学的光滑连接,兼具二者的优点,从而达到了计算规模和模拟效率间的动态平衡。徐维总结了她对无网格方法中的光滑流体动力学方法的研究,比如对收敛性、计算效率和有效性等方面进行了深入的探讨,并利用这种方法研究了粉笔跌落、结构冲击响应、圆柱壳动力屈曲等问题。

冯西桥介绍了在生物力学方面的一些进展,其研究组对蚕丝、蚕茧等生物材料和生物结构的多尺度力学性质进行了系统的实验研究,发现了一些有趣的现象,例如蚕茧在厚度等不同方向上均具有优化性能和结构,从而实现很好地抵抗外界载荷的能力。此外,他还结合脊椎矫形手术中遇到的一些难题,开展了相关的理论研究和数值模拟。陈少华报告了他和高华健教授合作的在生物粘着方面的工作,模拟了甲壳虫,苍蝇,蝉,蟋蟀,壁虎等生物在物体表面运动时黏附和脱黏的交替行为,还解释了在受振荡载荷作用的基底上细胞方向重新排列的现象。

在细观力学方面,陈常青介绍了开口多孔材料的一种三维 Voronoi 细观力学模型,利用该模型研究了多孔材料在三轴压缩载荷下的破坏机理、宏观失效准则以及三轴压缩载荷下的弹塑性本构曲线。此外,他还发展了一种横观各向同性多孔材料的弹塑性唯象本构理论,并将该理论得到的本构关系与细观模型进行了比较,并利用该模型模拟了多孔材料的压痕响应。李振环从基于梯度塑性的理论分析和离散位错模拟等方面总结了其研究组在尺度相关的损伤机制和模型方面的研究进展,包括:(1)微米尺度下孔洞长大规律的研究,发现存在一个与材料特征长度相关的临界孔洞尺寸,当椭球孔洞的等效半径小于临界孔洞半径时,孔洞的长大受到明显抑制;(2)含微孔洞材料的尺度相关塑性势的研究,基于椭球胞模型,研究了长椭球、球性和扁椭球孔洞在三轴应力下的宏观响应,得到了一种新的尺度相关的孔洞演化模型和宏观塑性本构势,从而将 Gurson 模型和 Gologanu-Leblond-Devaux 模型的适用范围扩展到了微尺度范围;(3)通过对平面应变情形下圆柱形孔洞演化的离散位错模拟,从离散位错模拟的角度初步揭示了孔洞演化的微尺度效应。

在复合材料力学方面,梁军评述了碳基耐热复合材料高温烧蚀过程中的若干力学问题,利用等离子体电弧加热器和在线光谱检测技术对碳/碳复合材料高温烧蚀性能、烧蚀产物的成分和分布进行了实验研究,揭示出碳/碳复合材料的热化学烧蚀机理,并通过扫描电镜和投射电镜对烧蚀材料微结构演化规律的研究,建立了耐热材料体积烧蚀和表面烧蚀的细观分析模型,预报了高温力学性能和表面烧蚀后退率,数值模拟了柱状试件的烧蚀过程,给出了热结构响应及损毁规律,与实验结果吻合较好。李岩研究了纤维表面处理对于剑麻纤维增强复合材料的力学性能的影响,她选用两种方法对剑麻纤维进行表面改性,并通过微观实验揭示了剑麻纤维与树脂基体间的界面粘结合理。研究表明,对剑麻纤维表面进行改性能够有效地提高剑麻纤维与树脂基体间

的界面结合强度, 进而提高复合材料的力学性能。戴瑛介绍了确定复合材料界面剪切强度的四种典型的细观实验方法, 即纤维拔出、纤维压入、纤维段裂和微珠脱粘。研究了对应试件在界面端的应力奇异性, 并以此为依据评价了这四种实验方法的可行性和有效性, 从而解释了这些方法测试结果存在明显差异的原因。

在实验力学方面, 陈巨兵在正交光栅的基础上研制了光栅应变花, 即在原来  $0^\circ$  和  $90^\circ$  两个方向光栅上, 再加上一个  $45^\circ$  方向的光栅, 这样通过一次加载就可以同时测试出三个独立的位移场, 进而得到相应的应变和应力分量。应用光栅应变花和云纹干涉技术, 并结合分层钻孔法, 可以测试出复合材料各层内的残余应变。王正道发展了一套新的薄膜热膨胀系数测量装置, 利用该装置研究了聚酰亚胺/二氧化硅 (PI/SiO<sub>2</sub>) 纳米杂化复合薄膜在不同预应力下的低温热膨胀系数, 指出传统热膨胀系数技术测量薄膜材料存在的问题; 并利用必需断裂功理论对不同 SiO<sub>2</sub> 含量的 PI/SiO<sub>2</sub> 杂化薄膜的断裂韧性进行了评价。徐维概述了国内外 MEMS 材料力学性能测试方法和她在 MEMS 材料单轴拉伸试验方面的研究成果。

在材料的断裂与失效方面, 吴林志的特邀报告“功能梯度材料的断裂力学”报告了其研究组在功能梯度材料方面的系列研究成果, 利用奇异积分方程等方法对功能梯度材料和结构中多种裂纹构型进行了研究。钱林茂通过系统的实验研究了镍钛合金的微磨损和微动磨损性能, 发现随温度的增加, 镍钛合金硬度的增加主要源于其相变应力的增加, 而耐磨性的降低可归因于奥氏体弹性模量的增加以及镍钛合金温度相关的应力诱发相变与塑性之间的交互作用; 马氏体相变和重取向均可提高镍钛合金的弹性协调能力, 在微动中扩大了部分滑移区; 马氏体相变和重取向的屏蔽作用降低了接触区的应力, 进而提高了镍钛合金的微磨损性能和微动性能。冯露报告了在微动疲劳和微动磨损的机理方面的研究结果。在循环塑性的理论框架下, 她结合微动疲劳的实验现象定量地研究了微动过程中应力应变响应, 不均匀变形的特点及材料的损伤破坏过程。采用各向异性粘塑性本构模型和修正的 Archard 磨损定律研究了微动过程中应力、塑性应变和循环特性的演化过程。冯淼林等基于裂纹尖端塑性分析, 对疲劳裂纹扩展问题进行了理论研究和数值模拟, 考虑了过载效应、裂纹缺口效应、不同载荷比的影响等。对不同加载路径对裂纹扩展的影响也进行了试验研究, 指出目前通用的疲劳裂纹扩展理论均无法解释不同载荷路径对裂纹扩展方向、分叉裂纹的产生和裂纹速率的影响。康国政系统总结了其研究组在工程材料循环棘轮行为的实验、粘塑性循环本构模型的建立及其有限元模拟方面的成果, 包括奥氏体不锈钢、轨道钢、低合金高强度钢和颗粒增强金属基复合材料等材料在比例和非比例循环加载、室温和高温等不同条件下的循环塑性行为。

本次研讨会还涉及固体力学在诸多工程领域的应用研究。李海梅概述了以计算力

学为基础的成型加工技术的发展历史,用实例比较了中面、表面、和实体计算模型的差异,说明了三维模拟的趋势和意义,讨论了模具温度场控制和模拟的原理和技术,以及三维多场耦合、多尺度、多自由面的计算模拟中的难点和关键问题。刘应华简要综述了他在计算固体力学及其应用方面的研究成果,包括四个方面:含体积型缺陷压力容器和管道的安全评定方法,高温压力容器和管道的安全评定、寿命预测与运行过程优化,建筑结构火灾失效机理与灾后安全评定,小波无网格方法。陶伟明以激光热应力切割为背景,研究了脆性材料裂纹扩展的控制问题,通过力学仿真计算,对所采用的激光功率、激光扫描速度和扫描路径进行优化,以改善和确保切割的质量和精度。胡宏玖以聚合异氰酸酯交联三元共聚乙烯基乳液制备了高性能、环保型水性聚合物-异氰酸酯木素粘合剂,他探讨了聚合异氰酸酯类型、含量对粘合体系的适用期、固化时间、胶接强度与耐水性能的影响。他还提出了一种表征水性聚合物-异氰酸酯粘合剂固化胶层抗裂性能的“粘接三点弯”模型,采用线弹性断裂力学理论,导出了其能量释放率参量的数学表达式,并设计了相关试验方法,据此评测了9种典型API的常温断裂性能。

此外,会议还召开了座谈会,与会代表对固体力学青年学者之间的交流、合作等畅所欲言。大家一致认为,这次会议为青年学者提供了一个非常好的交流平台,希望能够办成系列会议,并决定下一届固体力学青年学者学术研讨会于2006年在成都西南交通大学召开。

(冯西桥;清华大学工程力学系)

(陈伟球;浙江大学土木系)

(孟庆国;詹世革;国家自然科学基金委员会数理科学部)



## 中国科学技术协会青年科学家论坛第 100 次活动 纳功能器件系统的交叉学科问题 论坛活动纪要

本次论坛活动于 2005 年 11 月 13 和 14 日在北京中国科技会堂举行, 由中国科学技术协会主办, 中国力学学会青年工作委员会、南京航空航天大学纳米科学研究所、清华大学物理系承办。南京航空航天大学郭万林教授、清华大学薛其坤教授和段文晖教授任论坛执行主席。

本次论坛的主要议题是:

- 1) 纳尺度多场耦合及相关材料器件奇异特性;
- 2) 纳信息逻辑器件和功能器件新原理、设计、构筑;
- 3) 纳器件、系统的自组装、表征、测控和环境效应;
- 4) 生物分子功能系统和分子仿生、分子电子学;
- 5) 纳器件的应用研究和发展前景;
- 6) 相关多学科交叉研究前沿课题与合作探讨。

本次论坛组织这一专题的交叉学科研讨, 旨在对核心纳功能器件的新设计原理、新构筑方法、新概念等进行深入探讨, 统一认识, 寻求发展方向, 促进开展纳器件研究的合作, 并为组织国家重大基础研究项目凝练科学问题和物色队伍, 促进提高原始创新能力。

为庆祝论坛十周年满百期活动, 本次活动举行了简短的开幕式。参加开幕式的有中国科协、国家科技部、国家教育部、国家自然科学基金委的有关领导和专家。中国科协书记处冯长根书记介绍了中国科协青年科学家论坛的起源, 回顾了十年来论坛活动在倡导学术民主、鼓励学术自由、促进学术交流合作、培养杰出人才、为国家发展献计献策等方面的重要作用。中国科协书记处前书记张泽院士、教育部科技司雷朝滋副司长、基金委陈克新学科主任、科技部钱小勇博士、北京航空航天大学柯孚久教授等做了祝贺、发言。开幕式由中国科协学会部杨文志副部长主持。

白以龙院士和北京工业大学副校长张泽院士分别做了特别邀请报告。白以龙院士以“针尖与基体间的力学——游走于分子和连续体之间的力学”为题, 提出微纳米尺度上“构件”间各种相互作用的重要性。正是由于对这类基本问题的认识不够, 使 MEMS/NEMS 的发展远未达到人们十年前的预测。微纳系统必须重视功能, 传感、致动、控制三方面的发展都很重要, 但目前工作主要在传感器件方面, 仅有少量的致动

研究。产业界对微纳技术有很高的期望，但目前科技界给的不够，呼吁必须改变“能看不能动、能动不能用”的现状。接着，白院士和他的同事汪海英副研究员针对传统力学分析方法的缺陷和存在的问题，以原子力显微镜针尖与固体和液体相互作用的生动实例分析指明探针技术应发展的方向。张泽院士的报告题为“电子显微学在低维纳米材料研究中的应用”。他指出电子显微学在非周期性的晶体、复杂合金结构中缺陷的研究等方面有着非常广泛的应用，并结合自己的工作和国内外重要进展，系统地介绍了高分辨和专用电子显微技术的发展状况。现在消除相差的电子显微镜的分辨率小于1埃，但国内还没有这类高分辨电镜。发展纳米尺度的结构、成分、电子结构的综合分析方法对未来纳米科学的发展有着重要的意义。另一方面除了获得研究成果，研究人员的学风操守也非常重要，寄语青年科学家德学共进。

参加本次活动的26位青年科学家来自物理、力学、材料、化学、生物、信息、机械等七个学科领域，其中有16人获得过国家杰出青年基金、13人入选国家教育部长江学者特聘教授计划和中国科学院“百人计划”。在为期两天的紧张会议期间，22位青年代表分别就纳器件原理、组装制备、性能表征、测控、仿生等研究方向的科学发现和技术创新做了报告并引起热烈的讨论。此外，来自大学、研究所的20多位研究生旁听了会议报告。与会代表从多学科角度，对纳器件系统的发展趋势、关键科学问题、合作研究等共同感兴趣的问题进行了讨论，一致认为：

- 1) 微电子技术、生命科学和生物医学工程都已进入纳米尺度和分子层次，在未来10~20年间纳米技术将成为影响科技和生产发展的最重要的因素。但是我国纳米科技主要成果集中在材料方面，对影响下一代信息技术、生物技术的核心纳米器件的研究很薄弱，对纳功能系统的研究几乎没有。加强纳功能器件系统的研究十分迫切。
- 2) 与微缩式的微机电系统(MEMS)技术不同，纳器件系统的功能必须建立在全新概念和物理原理之上。前者随尺度减小造价急剧攀升，但因各种尺度效应和物理极限的出现其功能难以保证；后者则变克服纳效应为利用纳规律，核心性能、造价会有三个量级以上的飞跃。
- 3) 微电子时代的核心知识产权已主要为西方国家占有，我们目前的纳器件和系统研究虽然薄弱，但局势未定。一旦纳技术成熟到大量影响产业的时候，新一轮核心知识产权将基本分割完毕。因此，加强纳器件系统领域的创新原理和核心技术研究，争夺影响未来的核心知识产权，对民族的复兴和重新崛起至关重要。

参加论坛的代表一致建议：

- 1) 加强纳米科技研究，在十一五国家重大基础研究战略中将投资重点逐渐由纳米材料转移到纳功能器件系统创新原理和关键技术的多学科交叉研究。在器件方

面,要从目前以传感器件为主,转向主频控制和驱动技术的全面发展,以此推动纳系统技术的整体进步。没有系统技术依托,零星的纳器件无法体现其效用。

- 2) 以硅技术为基础的微电子技术已临近其物理极限,人类核心技术正处在重大变革时期。国家基础研究和攻关战略应由原有技术发展向原理创新和技术的原始创新转移。目前,计算机技术的核心计算处理单元(CPU)的商业技术已经深入到纳米尺度,但计算频率在 40 亿次(4GHz)停歇不前,世界上最大的巨型机计算速度达 100 万亿次(100THz),造价超过 7 亿美元,年能耗更是高达造价的近 10%。然而,单个的十分简单的纳器件单元就具有 0.1 至数万亿次的超高自然频率,目前技术可以容易廉价地实现,功耗更比传统技术低三个以上量级。300 多个器件单元就具有 1PHz 的理论能力。目前,实验室已经实现纳开关、存储、逻辑运算等各种信息功能,但都基于十分简单的物理原理。利用新物理原理的纳米器件实现 THz 的驱动和测控技术,将是信息技术的重大变革。
- 3) 发展纳器件系统技术需要多学科协同、多技术融合,需要国家各有关部委组织优势力量和资源,以纳尺度的物理原理为基础发展新的主频器件、逻辑电路和测控技术,并围绕核心器件和系统发展需要,发展纳器件驱动、可控组装、构筑和集成等关键技术,使我国在十一五期间取得纳功能器件和系统研究的实质性进展。

● **致谢:**感谢中国科协学会部的支持;学会部朱文辉处长、赵崇海做了大量的组织协调工作,并牺牲周末的休息时间安排会务和准备会场;南航赖红日女士为本次论坛做了大量的秘书工作;郭宇锋博士、唐淳、李春、张助华博士生承担了论坛期间的会务工作。感谢各方面专家的建议和支持,感谢所有参会代表和精彩的报告。

论坛详细情况和学术讨论汇总见下:

### 一、邀请学术报告和讨论情况汇总

在本次论坛活动中,除白以龙院士(柯孚久教授、汪海英副研究员)、张泽院士的特邀报告外,有 22 位青年学者就纳功能器件的原理、组装制备、工艺技术、表征、性能、以及功能材料材料等方面的研究进展、趋势和新成果做了研讨。这里分类介绍如下。

#### ● 在纳功能器件原理探索方面:

南京航空航天大学郭万林教授的报告题为“纳功能器件物理力学原理”。提出一系列简洁巧妙的纳结构器件,分析表明纳尺度结构和器件极小的机械运动行程和惯性使得其机械振荡频率可容易地达到 100GHz~数 THz;而原子、分子间在纳尺度的复杂相

互作用使纳器件很容易具有二进制信息逻辑所必须的双稳态；纳尺度内的奇异多场耦合效应使纳信息器件的智能调控可以容易地实现。进而介绍了利用纳尺度物理力学原理来研究和探索纳米/分子器件和系统的新现象、新规律和新原理。对纳器件特有的摩擦学行为和能耗问题进行了分析，报告了其研究组在纳功能驱动方面的创新成果，发现碳纳米管巨电致伸缩性质和电致伸缩对物理性质的重要影响，并提出纳米智能材料和纳米智能系统概念，介绍了多种纳驱动器件原理。还利用多场耦合诱导、纳尺度相互作用和能量原理对纳功能结构可控组装和生长机制做了探索。其研究作为未来的新型的纳功能器件的开发利用提供了很多新思路。

中国科学院物理研究所孙庆丰研究员在报告“自旋输运和自旋流产生电场”中指出了电子自旋的重要性，并引出自旋电子学。他以自旋流和电荷流的对比入手，给出了自旋流的描述，并得出自旋流产生电场，自旋产生磁场等新异的概念。此外还介绍了净自旋流，并根据电场引起自旋流的相位突变来实现量子点体系的可控自旋积累，提出了多种自旋的调控方式。最后他根据自己已有理论结果，设计出多种自旋调控器件原理。

中科院物理所的方忠研究员做了题为“多自由度耦合量子系统奇异物性的计算和模拟”的报告。指出在许多实际材料中由于多种自由度（如：自旋自由度、电荷自由度、轨道自由度、晶格自由度等等）间的交叉耦合而使材料表现出许多奇异的物理性质。他将固体物理理论与基于第一原理的富有特色的计算模拟相结合，揭示了几种典型系统（尤其是过渡金属氧化物）由于多自由度间的交叉耦合而导致的奇异物性。他们提出了轨道电子学的概念，发现了倒空间中的磁单极，这些都将为纳器件的研究与发展提供非常重要的理论基础。

#### ● 在纳器件组装生长制备方面：

清华大学薛其坤教授以“量子效应导致的金属铅薄膜的奇异性能的研究”为题，报告了他们近期的创新成果，对一维方势阱问题以及通过低温生长方式在半导体衬底上生成原子级金属铅薄膜所具有的奇特性能做了深入浅出、引人入胜的介绍。他们发现金属铅薄膜厚度变化和环境温度所引起的量子振荡现象，指出量子效应会显著改变物质的性能。展望了高质量、大面积具有量子振荡效应的原子级薄膜的制备技术对纳电子器件和信息产业具有的重要意义和应用前景。介绍了其研究组近期的宏伟研究计划：把化学元素周期表上的重要元素一一制成原子级薄膜，并研究它们多彩的奇异物性，为纳器件发展提供新的基础。

北京科技大学的副校长张跃教授在题为“一维氧化锌纳米结构”的报告中，阐述了他们在不使用催化剂的条件下，通过蒸发沉积金属锌粉的方法，并调节温度、气流、反应气氛中氩、氧及锌蒸气的分压，成功制备了多种形貌结构且质量优良的一维或准

一维氧化锌纳米棒、纳米带、单晶和双晶纳米线、不同特征的纳米阵列和多种形貌特点的四针状纳米棒, 还有多种齿状纳米结构、纳米钉等特殊结构。通过金属锌粉和锡粉共同蒸发沉积, 在镀金膜的硅基片上制备了  $ZnO/SiO_x$  同轴电缆结构。另外, 还成功制备了 Mn 掺杂的氧化锌纳米线 (提高饱和磁化率)、In 掺杂的氧化锌纳米线 (提高发光性能)、纳米带和纳米环以及六边形和十二边形的纳米盘。这些新奇的 ZnO 纳米结构已显示出在纳功能器件中潜在的应用价值。

北京大学化学学院教授齐利民在报告中从以下三个方面介绍了近年来他们在溶液法合成形貌可控的无机微纳结构方面所做的工作。首先, 采用混合反胶束法合成一维纳米结构及其有序超结构 (羽毛状  $BaWO_4$  纳米线超结构); 其次, 合成了正相胶束溶液中一维纳米结构及特殊形貌纳米晶体 (六角星形 PbS 纳米晶); 再次, 实现了具有规整多面体形貌的无机中空结构的可控合成 (八面体  $Cu_2O$  纳米笼)。

北京大学化学学院副教授施祖进做了题为 “Filling of CNT and Peapod” 的报告, 介绍了他们对不同富勒烯结构在碳纳米管中填充 (高效性和连续性) 的研究。研究发现, 当碳管的直径足够大时, C70 会直立在管中; 而掺杂 K 的 C60 填充碳管的 Peapod 结构在比例适合时会产生超导电性。

#### ● 在新型信息器件构筑方面:

中国科学院半导体所的牛智川研究员以 “半导体低维结构的自组织生长及光电磁特性” 为题, 详细介绍了液滴分子束外延、原子氢辅助分子束外延等新技术以及 InAs、GaAs 等多种新奇低维结构的自组织生长及其在激光器、探测器等的应用。他们采用自主发明高真空系统用气态源瞬态控制装置, 为解决国际上普遍面临的分子束外延等离子气态源的精确控制问题提供了优秀解决方案, 突破了 GaAs 基近红外纳米光电子材料的生长难题。成功制备室温连续激射 1.31 微米 GaAs 基 GaInNAs 长波长边发射激光器。将 GaAs 基长波长量子阱激光器的激射波长拓展到 1.586 微米, 并实现室温连续工作, 为 GaAs 基近红外材料在光通信器件的全面开发扫除最后的障碍。

中国科学院物理所高鸿均研究员做了题为: “Nanostructures, Conductance, Transition, Nanorecording” 的报告, 他首先总结了纳器件发展的状况和关键技术挑战, 接着这种报告了他的研究组在具有特殊性能的单分子晶体管、分子开关和纳尺度存储器件的制备、组装和性能表征方面的重要进展, 及世界上最高分辨率的晶体硅 STM 表征、ZnO 巨机电耦合效应、四探针 STM 纳器件基元性能研究等进展情况。其研究为未来实现纳功能器件的应用提供了重要的基础。

南京大学的陈键教授在题为 “三维纳米高温超导集成器件及其应用” 的报中介绍, 高温超导晶体内部存在着 “超导体/绝缘体/超导体……” 的本征结构, 超导层和绝缘层交替存在, 每一组超导层和绝缘层的厚度为 1 到 2 纳米, 故 1 微米厚的单晶中存在

着几百个三维层状结构。因此,利用这种独特的层状结构制备超导器件,将使大量的三维高性能纳米器件成为可能,可望是未来纳电子学的一个重要的分支。他们探索了三维纳米高温超导集成器件的物理、工艺及其在应用中的关键科学问题,使我国研究队伍在固体电子技术、立体微加工技术、太赫兹成像技术、量子信息技术等未来纳电子技术国际前沿领域中占有重要的地位。

南京大学物理系的施毅教授在题为“硅基体纳米存储器研究进展”的报告中介绍了硅基纳米存储器近年的研究发展,特别是在异质能带复合纳米结构实现高性能存储器工作上的进展。详细介绍了南京大学在量子点存储制备方面的努力,及应变驱动的S-K模式及硅离子注入二氧化硅并退火等新近发展的制造技术。他们的研究成果主要可应用于嵌入存储器,但得到长寿命并具有高速率相控的存储器仍是挑战性问题。

#### ● 在纳器件操控和性能研究方面:

中科院物理所的白雪冬副研究员做了题为“在透射电镜下原位开展纳米操纵和纳米测量研究”的报告。报告指出,由于纳米材料尺寸和结构的高度选择性导致了纳米材料特征的多样性。因此,有必要对单个纳米结构进行研究,提供其在结构表征方面的一一对应。基于透射电子显微镜的原位测量技术正是一种行之有效的方法,这种方法同时还可用于对单个纳米结构的操纵以及对其特性进行定量分析。他们已用该技术对单个碳纳米管的场发射特性进行了深入研究。

清华大学长江学者特聘教授雒建斌做了题为“原子级光滑表面加工研究”的报告,他首先介绍了纳米粒子的运动,分析了纳米微粒之间的碰撞及粒子与表面的碰撞,发现随着颗粒入射角度的增加,表面坑的深度变浅;碰撞使光光滑的表面变得粗糙,而使粗糙的表面变得相对粗糙。碰撞以后的表面在深度落差大约在几个纳米,晶体碰撞点附近中的晶格排列出现混乱,在材料的表面上会有7-10nm的变质层。最后他对高密度存储硬盘方面的应用进行进一步的应用研究。

中科院力学所的赵亚溥研究员在报告中对“MEMS/NEMS 阳极键合中的纳米树状结构与分形图案”进行了介绍。研究发现,在成键温度达到350°C,电压400V的条件下,30分钟可以完成耐热玻璃与具有铝膜涂层(厚度分别为500, 950, 1500, 2300 Å)晶体硅的阳极键合。铝层向耐热玻璃的扩散导致了树状分形纳米结构的形成。电场或温度增加,键合强度增加;铝界面厚度增加,键合强度下降。现今以金属或合金薄膜作为过渡层的阳极键合已日益广泛地应用于微/纳机电系统。该试验结果可望提高人们对耗尽层以及树状纳米结构对提高阳极键合质量的认识。

#### ● 在分子器件和纳米生物传感器方面:

南京大学化工学院副院长朱俊杰教授在报告“纳米材料组装电化学酶生物传感器件”中提出酶生物传感器能为分析纳米材料结构及性能的关系提供快速实时的分析。

他首先介绍了电化学生物传感器件为探测和分析纳米材料性能与现象提供了途径。他以碳纳米管和葡萄糖氧化酶为材料,利用超声制备功能性纳米传感器;及利用纳米 $\text{SiO}_2$ /染料分子符合材料间的相互作用和有效的电子传递构建成生物传感器;和超声复合金胶/ $\text{CaCO}_3$ 合成一种呈紫色生物传感器。这些生物传感器具有高的比表面,良好的水中分散性和稳定性等优异的性质。

南京航空航天大学张海黔教授在报告“基于表面等离激元共振原理的纳米器件及其应用”中对表面等离激元共振原理做了说明,指出基于这种原理可发展新型的纳米器件:如纳米光学透镜、纳米生物传感器件。他首先介绍了国内外的一些研究现状,并对自己的研制工作作了概述,他设想了利用激元共振原理研制出一种编码器,对将来的信息科学会有很好的推动和启发作用。

中国科学院化学研究所胡文平研究员的报告题为“分子器件的探索研究”。对有机电子学的这类新型的元器件做了介绍。他首先介绍了荧光分子探针材料与分子探针的国内外研究情况;进而报告了他们在朱道本院士领导下共同取得的一系列分子器件的研究进展,如荧光分子探针、自组装分子材料和分子器件等,并对纳米结电荷注入机理做了探讨,应用碳纳米管制出了许多具有独特功能的分子器件,最后他还介绍了利用单晶设计和制备的一些纳米器件。

#### ● 在纳结构表征方面:

中国科学院高性能陶瓷和超微结构国家重点实验室顾辉研究员报告的题目为:“复杂与埋藏纳米结构三维和定量分析”,他们通过专用分析电镜 STEM 和能损谱 EELS 分离技术对陶瓷内部纳米结构以及陶瓷晶界结构进行了深入研究,发现多种纳米“非晶”基硅陶瓷和功能陶瓷,为新型纳米陶瓷材料的应用奠定了良好的基础。

北京工业大学的孙威教授以“原子分辨电子显微镜技术研究闪烁晶体及复杂合金结构”为题介绍了使用高分辨电子显微术(HREM)与透射扫描高角度散射电子环状暗场成像(HAADF-STEM)技术相结合的新研究手段,这两种技术的结合可以大大地提高了原子结构解析的精确度。通过此方法他们发现复杂合金相内部可形成纳米尺度的原子团簇,而原子团的形成和长程排列将导致结构更加复杂的合金相的形成。

#### ● 纳功能结构和生物材料性能研究:

北京科技大学长江学者特聘教授乔利杰在报告“纳尺度下的尺寸效应”中指出,他们利用小载荷纳米压痕仪在几个纳米的弹性范围内发现了尺度效应,而且尺度效应受到表面状态和材料本征结构的强烈影响。对于电解抛光的样品,硬度和弹性模量随着压入载荷增大而降低,与通常观察到的规律相同。如对样品进行钝化处理,使表面生成一层致密的钝化膜,则硬度和弹性模量都会升高。利用表面极其光滑,对可以发生塑性变形和不易发生塑性变形的 $\text{ZnO}$ 和 $\text{SnO}_2$ 纳米带研究了纳尺度下的尺寸效应, $\text{ZnO}$

纳米带存在尺度效应,  $\text{SnO}_2$  则不存在尺寸效应, 表明尺寸效应不仅与材料的本征结构有关, 且与表面状态有关, 表面状态导致了负的尺寸效应。

中山大学, 长江学者特聘教授王彪做了题为“重铁性复合材料的铁电及铁磁相变的相互作用和相变温度”报告, 他以材料的铁电、铁磁、铁弹三种性质开场白。通过理论的推导和计算, 发现铁电膜的相变临界温度会随着厚度的下降而急剧下降, 并指出材料存在发生相变的临界厚度; 铁电膜也有类似的结果, 但是它不存在临界厚度。其次王教授还对铁电/铁磁相变间的相互作用进行了具体的研究, 发现它们是通过弹性相互作用实现的。最后他通过唯象模型预告多重相变的转变形变。

清华大学工程力学系冯西桥教授报告的题目为: “蚕丝和蚕茧的多尺度力学研究”, 他介绍了柒研究组在生物力学方面的一些进展, 对蚕丝、蚕茧等生物材料和生物结构的多尺度力学性质进行了系统的实验研究, 发现了一些有趣的现象, 例如蚕茧在厚度等不同方向上均具有优化性能和结构, 从而实现很好地抵抗外界载荷的能力。

## 二、论坛摘要文集代序

生物工程技术、信息技术(IT)和微机电系统(MEMS)的发展已使微型化、智能化和一体化成为科技发展的必然趋势。生命科学已全面进入分子层次并开始向多学科融合的系统生物学发展, MEMS 制造工艺已进入数十纳米线宽层次。以 IT 技术为例, 2004 年已实现 90nm 特征尺寸的商业生产, 并能够向 60nm 发展。实际上仅从制造工艺方面看完全可以制造出更小尺度以至数个纳米特征线宽的器件。但是, 集成电路的响应时延并不随技术尺度减小而单调下降, 能耗反而剧烈上升, 量子等物理效应成为突出的不利因素。其结果是 130nm 的 P4 技术(晶体管数 55M)最高频率为 3.6G, 90nm P4 (晶体管数 125M)最高频率也仅达 3.8G, 而且到了这个尺度, 用目前技术方案开发的硅集成电路的发热量可达约  $100\text{W}/\text{cm}^2$ , Intel 于 2004 年 10 月已放弃开发 4G 的 P4 方案。其根本原因是进入纳尺度时, 材料和器件的物理性质和功能将由几个与尺度效应、边界效应和量子效应直接相关的特征物理尺度所决定。只要结构几何尺寸接近这些物理量的特征长度(绝大部分在纳米科学定义的尺度范围内), 材料的电子结构、输运、磁学、光学、热力学性质以及机械性能均要发生明显的变化。在这些特征尺度内, 物质的局域场强度与外场强度可比, 局域场、外场、原子分子构型形变与器件机械行为的耦合变得突出, 原子间相互位置或分子构型的变化必然引起局部电子云密度变化和纳尺度物质的物理、生化性能变化, 反之, 外加场通过特征物理尺度以内的局部场致纳物质构形变化和机械运动。由此产生的特异的纳智能性和纳信息功能性为在纳尺度利用量子物理与力学相互作用、机电磁光热耦合效应, 实现分子仿生组装、高密度的能量存储和转化、超敏传感和致动、多场下超高密度信息记录与高频运算、结构自组织、环境自适应等功能提供了新的途径。



纳智能器件很小的机械运动行程、微小的惯性和相对强大的量子、电磁光机等相互作用使得其机械振荡频率可容易地达到 100GHz-数 THz；因纳物质局域场与外场、物理生化能与几何构型形变能、机械动能间的本质的耦合关系而产生的广泛的纳智能性为信息功能性的实现和高频驱动提供了物质的和物理的基础；而原子、分子间在纳尺度复杂的、不同作用程的相互作用使纳器件很容易具有二进制信息逻辑所必须的机械双稳态，其密度可比现有晶体管技术提高数个量级，并可与现有信息技术融合。纳尺度内的奇异多场耦合效应使纳信息器件的智能调控可以很容易地实现。因此，纳尺度下多场耦合研究和发展相关信息功能器件不仅是交叉科学前沿问题，更日益成为纳信息技术突破的关键，对我国中长期科技发展至关重要。

利用原子力等探针技术，人类可以用原子书写、实现原子构形克隆、发展针尖化学、针尖物理力学、构造各种复杂的纳米级图案。这类纳操纵技术是搭建单个纳米器件的有力工具，但效率往往很低。另一方面，利用微硅技术、纳米压印技术等能够构建特征纳电子、分子电子器件和系统，但这种从上到下的技术随器件尺度减小成本呈指数型升高，各种表面效应和尺度效应凸现。在自然界中广泛存在各种类型生物纳米材料的有序组装现象。理解这些特殊的生物体系以及有机体的组装规则以及转变模式有助于设计和构建新型纳功能器件。通过对这些有序组装生长构筑起来的生物分子机电器件和系统的研究正在不断地为纳机电系统和分子仿生学提供创新思维和新方法。师法自然，利用多尺度、多形态模板的诱导作用以及多种外场（磁场，电场，超声，微波，流体场等等）的辅助调控作用，合成、组装纳米结构器件已经成为近年来纳米科技领域的一个重要研究方向。

目前，各种新型纳米材料和生物仿生材料的制备和组装已经成为非常重要的研究和探索领域，并且许多技术已能满足工业需求并在实际中得到广泛应用，但大多数材料生长形成的机制以及极其重要的可控性仍不是很清楚，在这方面的继续探索是实现纳信息技术产业化至关重要的一步。我国在碳纳米管制备、纳米金属晶体特异性研究、低维纳米材料等领域具有一批国际领先的卓著成果。但要发展这类自组织、组装技术成为可控纳功能器件制造技术和集成生产技术尚存在很大挑战。

仿生，一直是人类原始技术创新的源泉。分子生物学经过半个多世纪的发展，已经为从分子层次认识生命进化的奇迹积累了丰富的知识，生命科学已经实现了人类基因工程的宏伟目标，正在向蛋白质学发展；神经生物学经过 30 多年的探索已经取得许多令人惊异的成果，并为认知科学提供着知识基础。尤其是近十年来，随着原子级分辨技术的迅速发展，结构生物学和蛋白质学进入一个全新的阶段，神经信息通道、叶绿素光合作用系统等 2 埃级分子晶体结构不断报道，人类蛋白质数据库正在以类似当年微电子技术的“摩尔定律”呈指数型增长。这为分子层次的新一代仿生技术（分子

仿生技术)提供了坚实的基础。随着纳米科技的发展,分子仿生必成为人类创造活动的又一源泉。

除了高清晰冷极场发射技术等零星应用,纳器件和系统目前尚未广泛拓展到工程应用阶段。例如,尽管微电子技术已在2004年就全面进入纳尺度,但纳电子、纳信息器件系统技术的广泛应用可能还需要10多年时间。但是,目前正是全力开展研究,全面争夺核心知识产权的时期,需要我国科技界,尤其是青年科学家大展宏图之时。

中国科学技术协会创导和资助的青年科学家论坛自1995年以来已经在各学科方向、技术领域的关键科学和技术议题开展了99次系列活动,参加人次近三千。一批批杰出青年科研带头人和优秀学者伴随着一期期青年科学家论坛活动已经发展起日益壮大的事业,做出了大量有影响的业绩,并不断求新、为更大的科学发现和更具影响的技术创新在科研教学第一线孜孜探索着。其中有不少人已经脱颖而出,成为中国科学院和工程院院士,有的成为高水平的学者型领导或有造诣和开拓精神的领导型学者。十年以来,青年科学家论坛以其优秀的组织形式、有为青年科学家的积极参与和高格调的活动主题,已经成为我国优秀青年科学家的思想交流之家、才华展示之家、百家争鸣之家、智慧凝练之家、友谊连结之家、合作共赢之家、改革开放以来一代科学家成长见证之家。在随着社会进步和科技教育事业发展和学术会议日增的时代,我国科协的青年科学家论坛已经具有了独特的品牌效应和招撼力,尤其在伴随论坛活动成熟起来的青年科学家心中有着一份特殊的感情。随着百期活动的举办,新一代青年科学家已在各自领域潜心耕耘出一片特色领地、渐露头角。科协的青年科学家论坛一定会越来越响亮地响起他们的声音、托起他们的梦想、祖国光明的未来。

本次论坛活动邀请了在物理、力学、生物、化学、材料、信息等领域一线工作的优秀科学家,其中既有德高望重德学双馨的著名科学家、有已经成长起来的青年学术带头人、也有30多岁的新一代优秀年青科学家,围绕分子和纳器件的新设计原理、新构筑方法、新概念等关键科学问题和关键技术,进行深入的交叉学科研讨,旨在高效、大信息量的学术交流的基础上,统一认识,寻求发展方向,促进开展纳器件研究的合作,并为组织国家重大基础研究项目凝练科学问题和物色队伍,促进提高原始创新能力。我们希望与会的科学家以精彩的学术报告和对交叉学科发展的展望作为对百期论坛的典庆。

(论坛执行主席:郭万林;薛其坤;段文晖 供稿)

## “水下爆破”专题研讨会会议纪要

中国力学学会工程爆破专业委员会“水下爆破”专题研讨会于 2005 年 11 月 13 日~15 日在湖南长沙市枫林宾馆举行。来自全国的 33 个单位 56 位代表参加了会议。

本次会议由中国力学学会工程爆破专业委员会和中国工程爆破协会学术交流与培训部联合主办、湖南省工程爆破协会协办，会议得到了湖南省工程爆破协会成员单位、长江水利委员会长江科学院的大力赞助。

中国力学学会工程爆破专业委员会主任委员张正宇教授主持会议并致开幕词，首先对湖南省工程爆破协会为开好本次会议所做的大量工作表示衷心的感谢，同时指出工程爆破专业委员会是全国工程爆破界进行学术交流的一个平台。工程爆破专业委员会是一个学术性组织，发挥学术机构的作用就要抓好学术交流活动，开展各种形式的学术交流是学会的主要任务；还要努力提高学术活动的质量和水平，为提高我国工程爆破的理论与技术水平，更好地为国民经济建设服务。推动工程爆破新技术、新工艺、新成果的应用。

中国力学学会是一个学术性社会团体，为了更好地组织中国力学界各专业之间的学术交流，加强不同专业之间的相互借鉴和交叉，从而促进中国力学学科的进一步发展，借鉴国内外学术交流的不同方式，适应学术交流的新特点，中国力学学会举办“中国力学学会学术大会 2005”。“水下爆破”专题研讨会为“中国力学学会学术大会 2005”分会场。

本次学术交流会以水下爆破技术为专题。会议主报告有：深厚淤泥爆破挤淤筑堤技术；水下炸礁、水下聚能爆破技术；船坞围堰拆除爆破工程介绍；三峡三期 RCC 围堰倾倒爆破方案研讨等内容。同时对烟囱拆除折叠爆破技术的理论与实践进行了介绍。

会上，徐天瑞教授介绍了国际爆破工程师协会 2005 年年会有关论文情况。

与会代表认真听取了有关单位的专题报告，讨论热烈，会议气氛活跃。会议代表特别关注和讨论了由长江水利委员会设计院和科学院提出的三峡三期 RCC 围堰倾倒爆破方案。

三峡工程三期上游碾压重力式混凝土围堰（简称 RCC 围堰）堰轴线长 572m，顶高程 140m。横向围堰轴线距坝轴线 114m。断面形状：130~140m 高程为矩形，顶宽 8m；70~130m 高程为梯形，上游为垂直坡面，下游面的坡度为 1 : 0.75；横向围堰左

端与纵向围堰连接,右端与右岸坡相连。预计三期施工进度安排,三期 RCC 横向围堰将于 2006 年进行拆除。横向围堰由 140m 拆至 110m 高程,拆除高度 30m,拆除底宽 23m,拆除长度 572m,拆除方量约 20.9 万 m<sup>3</sup>。

鉴于三峡工程的重要性和巨大影响,三期 RCC 围堰拆除是涉及枢纽完建及发电的最后关键性工程之一,该项拆除工程不仅规模巨大,而且周围环境复杂,围堰体距离大坝及厂房坝段近,因此,围堰拆除能否成功地一次完成拆除,并确保大坝(包括坝基帷幕灌浆区)、厂房及发电设施的绝对安全,具有重要的经济效益和社会影响。

讨论会上,长江水利委员会长江科学院、设计院的设计工程师介绍了三峡三期 RCC 围堰倾倒爆破方案。围堰倾倒爆破方案是在三期围堰施工时根据三峡工程建设总公司意见已安排预留药室的准备方案。为此,三峡工程建设总公司前任工程建设部主任彭启友先生专程到会参加讨论。与会代表对于三期 RCC 围堰的拆除采用洞室爆破倾倒方案发表了积极支持的意见,认为倾倒方案比较围堰体破碎方案,用药量小可以减小对大坝的影响。洞室爆破技术是我国应用最多,研究深入的一种爆破方法。我们有能力和信心提出完善可靠的设计方案。会议代表对 40m 水下爆破的药包设计参数确定、炸药的爆破性能、起爆能力和网路可靠的保证措施、起爆时差的确定、爆破及塌落振动的影响分析等提出了自己的看法。

工程爆破是一门工程实践与理论研究相互促进的学科,工程实践离不开理论研究的指导,理论研究也离不开工程实践的检验;同时通过工程实践的成果总结,促进爆破理论的研究。与会代表建议要充分发挥工程爆破专业委员会的作用,多组织类似的专题研讨会,争取每年召开一次,为促进我国的爆破技术发展做贡献。

会上,不少委员还对学会工作提出建议,认为专业委员会委员应积极参加学会组织的学术活动,多次不参加学会的活动也就失去了作为一个委员作用。

(长江科学院爆破研究所 赵根 供稿)

## 沿着爱因斯坦的足迹

——献给 2005 年世界物理年

2005 年是爱因斯坦相对论发表 100 周年纪念，同时又是爱因斯坦逝世 50 周年纪念。2004 年 6 月 10 日，联合国大会在第 58 次会议上通过了 2005 年为世界物理年的决议。2005 年 1 月 13 日联合国教科文组织在巴黎召开大会宣布：“2005—世界物理年”正式启动。上个世纪由于物理学的进步，带动科学技术革命性的飞速发展，特别是爱因斯坦 5 篇著名论文发表，狭义相对论的面世掀起了物理革命，为人类了解自然界提供了重要的依据，为现代物理学奠定了理论基础，为当今世界高新技术的发展奠定了重要基础，是具有划时代意义的科学理论。

为响应联合国的号召，在全世界范围内争取公众对物理学的理解与支持，特别是要加强青少年对物理学在科学技术中的地位的认识，推动物理学教育，培养物理人才，掀起 21 世纪物理学全新发展的新高潮。为实现这一目的，响应联合国的号召，许多国家都举办相应的纪念活动，特别是在欧洲，在相对论诞生地，在爱因斯坦早年活动的地区，瑞士和德国政府建立爱因斯坦基金，用于开展各项纪念活动，并举办了许多项展览、科技论坛和大型国际活动，全世界著名物理学家云集欧洲，参加各种纪念活动，纪念这位举世瞩目的科学巨匠，缅怀他为全人类做出的杰出贡献。我国著名科学家、教育家、社会活动家周培源是相对论研究的前辈，是与爱因斯坦共过事的中国科学家。为此，周培源基金会决定与中国力学学会共同举办“沿着爱因斯坦足迹”的青少年夏令营活动。旨在让青少年了解学习科学家成长过程，继承科学家的精神财富，弘扬科学精神，掀起学科学、爱科学、崇尚科学的热潮。同时可以使广大青少年开阔眼界，了解发达国家在世界文化遗产、自然环境和自然资源的保护等方面对全世界所做出的贡献。

2005 年 7 月 13 日至 7 月 24 日，“沿着爱因斯坦足迹夏令营”全体营员在领队周培源基金会副理事长兼秘书长周如莘和副领队中国力学学会副秘书长、周培源基金会副秘书长杨亚政带领下，一行 35 人，访问了瑞士和德国。本次夏令营营员以北京大学附中和北京师范大学附属实验中学的学生为主。夏令营全体从爱因斯坦出生地（德国乌尔姆）→学习成长地（瑞士苏黎世）→相对论诞生地（瑞士伯尔尼）→工作地（德国柏林）→第二次世界大战被迫离开之前居住地→（德国波茨坦），沿着爱因斯坦在第二次世界大战之前整个出生、学习、工作以及成就的地区参观学习。

7 月 14 日营员们参观了爱因斯坦在瑞士伯尔尼的住所，当时的爱因斯坦不过是伯尔尼专利局的一位普通工作人员，但是就在这所狭小的房间内撰写出的 5 篇著名的科学论文，改变了百年来的整个世界。7 月 15 日营员们在伯尔尼参观了伯尔尼历史博

物馆展出的爱因斯坦纪念展，了解到爱因斯坦的成长过程。在伯尔尼大学参加了由欧洲物理学会组织的国际物理年会开放日活动，观看物理实验、参观了百年来物理成就展览、听讲座、看科普电影；著名物理学家，欧洲物理学会理事长马丁·胡伯先生和欧洲自然科学协会主席得知中国的青少年要来参加开放日活动，非常高兴，接见了全体营员并合影留念。胡伯教授亲自给大家介绍了爱因斯坦的科学成就。瑞士新闻部得知有中国中学生参加纪念爱因斯坦活动时派出记者跟随采访报道。在德国，营员们到乌尔姆参观了爱因斯坦出生地，瞻仰了纪念碑。由于战争他的故居已不在，但是这座古老的小城为诞生这位伟大的科学家而感到骄傲，在他出生故居的遗迹处建起纪念碑。到慕尼黑参观了爱因斯坦生平展览，和科技博物馆。在柏林参加了德国爱因斯坦组委会组织的纪念活动，负责人接见了全体营员。参观了爱因斯坦科学成就展和爱因斯坦工作过的洪堡大学。最后，全体营员拜谒了爱因斯坦被迫离开德国时的故居，现已是爱因斯坦纪念馆。

离开德国前，全体营员参观了中国驻德国大使馆，大使馆教育处负责人接见夏令营全体，并陪同参观。

第二次世界大战德国纳粹分子迫害犹太民族，爱因斯坦作为卓越的科学家也未能幸免，但是今天的德国政府为反思战争所带给全世界人民的灾难，同时向全世界忏悔对爱因斯坦所犯下的罪行，将国际物理年在德国境内用爱因斯坦年命名，政府出资 5 亿欧元建立基金以支持纪念爱因斯坦的各项活动，同时又正值反法西斯战争胜利 60 周年，德国政府的举措是有着特殊的意义的。在德国境内到处可见纪念爱因斯坦的展览、红色“E”字形标志（爱因斯坦年的标志物）和各种活动，全体营员在此深受教育，所到之处都能深深体会到这位伟大科学家所做出的杰出贡献和在德国人民心中的地位。

举办这样的活动，我们感到是很有意义的，青少年要了解历史，了解老一辈科学家为人类做出的贡献，亲自参与体会他们的人生道路，了解他们献身科学和无私奉献的精神。特别是这两所学校学生整体素质比较高，英语水平很好，听讲座不用翻译，与科学家或当地人交流都没有困难，因此这次任务完成很顺利。营员们普遍认为这次活动有很大帮助，也很开阔眼界，对发达国家有实际认识，感受很深，这次活动在他们成长道路上是一次重要经历，并留下深刻的印象。参加本次夏令营的老师，也对这次活动的几次展览，印象很深，有些展品值得借鉴，他们在教学中都会有很大帮助。中国教育电视台记者随团采访全程。

爱因斯坦和英国哲学家罗素是国际科学和平运动的发起人和倡导者，2005 年又是反法西斯胜利 60 周年纪念，同时又正值第 17 届国际科学与和平周，举办这次夏令营活动是有着特殊的意义的。

（周培源基金会供稿）

**地方学会信息**

## 首届江苏省大学生材料力学实验竞赛总结

经江苏省教育厅同意举办的首届江苏省大学生材料力学实验竞赛于2005年9月举行了初赛,于2005年10月3日和4日在南京航空航天大学举行了决赛,竞赛取得了圆满成功。本次竞赛,全省共有20所高校的1014名优秀本科生参赛。共评出个人一等奖12名,二等奖30名,三等奖214名,4所高校获得优秀组织奖。

举办大学生力学实验竞赛,在全国没有先例,是江苏省高教界的一个创举,现将本届材料力学实验竞赛的情况介绍如下:

### 一. 实验竞赛的准备情况

早在2003年的江苏省力学学会教育科普工作委员会的年会上,教育科普工作委员会主任吴文龙教授提出了一个大胆的创意:举办省力学实验竞赛。经过委员们的认真讨论,认为举办力学实验竞赛,在全国是首创,无先例,没有经验可借鉴,难度太大。且实验竞赛要有多台套的实验装置和场地,要有大量的经费投入,不太可能实现。但同时,大家一致认为,力学实验教学是力学教学的重要组成部分,实验教学在培养学生的动手能力和创新精神,提高学生综合素质等诸多方面起着不可替代的作用。举办力学实验竞赛,是高等教育教学改革必然趋势和发展方向,将极大地推动我省高校的力学实验教学水平的提高,因此举办力学实验竞赛非常有必要。

经过一年的充分酝酿,并广泛征求和听取了各方面的意见,于2004年底在徐州中国矿业大学召开的年会上,委员们经过激烈地争论,统一了思想,达成了一定要举办实验竞赛的共识,并具体讨论了举办首届省材料力学实验竞赛的内容,形式和日期,以及实验竞赛的准备工作。2005年初,教育科普工作委员会将举办首届江苏省材料力学实验竞赛的设想和准备情况向省教育厅高教处作了请示汇报,在省教育厅领导的支持和关心下,于2005年4月正式成立了以省教育厅丁晓昌副厅长为主任的首届江苏省材料力学实验竞赛组委会,并于2005年5月8日向我省各高等院校发出了“首届江苏省大学生材料力学实验竞赛一号通知”。

举办力学实验竞赛在全省和全国都是第一次,没有经验可供借鉴,为保证首届力学实验竞赛的顺利进行,竞赛组委会成立了专家组,专门负责制订实验竞赛的具体规则。竞赛专家组成员放弃休息,多次开会讨论竞赛有关事宜,对实验竞赛的具体内容、竞赛方法、形式、综合实验方案和设备以及可操作性,进行反复研究、论证和修改,最终决定将实验竞赛分为初赛和决赛两个阶段,初赛采取由省里统一命题,各参赛学校自行组织实施的形式;决赛采取由中国力学学会命题,各校派一支代表队参赛的形

式,在南京航空航天大学统一组织举行;并制订了详细的材料力学实验竞赛初赛细则和决赛细则,为竞赛的具体实施奠定了理论基础。

南京航空航天大学宇航学院力学教学中心和实验室,投入了大量的人力和物力,为此次实验竞赛专门精心制作了高质量的综合实验设备,精心安排和布置了宽敞整洁的实验场地,受到了竞赛专家组和参赛学校的一致好评,为竞赛的顺利进行提供了重要的物质保障。

为使各参赛学校对竞赛细则有深入的了解和提出改进意见,也为集思广益,达到成功举办本次实验竞赛的目的,竞赛组委会于2005年6月18日至19日,在南京航空航天大学召开了由各参赛学校竞赛负责人和指导老师参加的“材料力学实验竞赛研讨会”。在研讨会上,介绍、讨论和修改了实验竞赛细则,交流和研讨了实验基本理论部分的试题,熟悉和了解了决赛时需使用的实验设备。此次研讨会,参赛学校通过面对面的沟通和交流,互通了信息;也为实验竞赛辅导以及初赛收集了丰富的资料,取得了很好的实际效果。

## 二. 实验竞赛的举办情况

在省教育厅领导的关心和支持下,这次实验竞赛得到了省内各高校教务部门领导的普遍重视和广大师生的积极参与,实验竞赛一号通知发出后,我省共有 20 所高校 1014 名优秀选手踊跃报名参赛。材料力学实验竞赛有如此多的大学生参赛,超出了竞赛组委会的预料。

本届材料力学实验竞赛的初赛,分为:“材料力学实验基本技能测试”和“实验基本原理笔试”两部分进行。“实验基本原理笔试”试卷的主要内容是与材料力学实验有关的基本概念、基本原理、基本计算分析方法,机测和电测题目约各占一半。笔试试卷由组委会委托专家组负责命题,各参赛学校自行组织,全省于 2005 年 9 月 10 日下午 2:00~3:00 统一进行闭卷考试。“材料力学实验基本技能测试”则主要考核选手对基本实验操作原理、方法、步骤的掌握程度,以及操作的规范性和熟练程度,测试数据的准确程度和对数据进行计算分析的正确性。基本实验操作测试由各参赛学校自行组织实施,在 9 月 10 日前已圆满完成。

各参赛高校在初赛的基础上选拔出 3 位初赛成绩优异的选手组成校代表队,参加在南京航空航天大学举行的决赛。

决赛于10月3日和4日在南京航空航天大学举行,决赛分为基本实验理论笔试、电测基本实验操作测试和电测综合实验三个部分进行。

第一部分:基本实验理论笔试,试卷由中国力学学会命题,现场拆封,闭卷考试。理论笔试内容:材料力学机测、电测基本理论及实验数据计算分析,机测和电测试题约各占一半。考试时间为:10月3日上午8:30~9:30,共计60分钟。

第二部分:电测基本实验操作测试,内容为:弯扭组合变形基本实验,要求在南京航空航天大学的弯扭组合变形实验装置上,在规定的时间内,用电测法测定贴片截



面的扭矩和弯矩,组桥方案自定,并完成实验报告。操作测试时间为:10月3日上午8:30~9:30,共计60分钟。

第三部分:电测综合实验,要求在组委会提供的铝合金槽型截面悬臂梁实验装置上,设计实验方案、贴片、接桥,测试实验数据,对实验数据进行计算和分析,并完成实验报告。具体综合实验试题由中国力学学会命题,现场拆封,闭卷测试。综合实验测试时间为:10月3日上午10:00~下午6:00,共计8小时。

10月4日上午8:00进行答辩,各队答辩时间为20分钟。首先由各代表队推选1人介绍已完成综合实验的方案、思路、结果分析等,时间为5分钟。评审组提3个问题,了解实验情况以及参赛选手的水平和能力,时间为15分钟。答辩为闭卷,不旁听。

经过两天紧张激烈的比赛,决赛于2005年10月4日晚在南航大落下了帷幕。至此,首届江苏省大学生材料力学实验竞赛圆满结束。

实验竞赛评审组评委,采用密封试卷和实验报告校名和参赛选手姓名以及一人只批改1小题流水作业的办法,以确保批改的质量和公平、公正性。

首届江苏省大学生材料力学实验竞赛,共评出个人一等奖12人,个人二等奖30人,个人三等奖214人。另外,有四所高校获得优秀组织奖。决赛成绩和评奖结果已于10月15日起,在江苏省力学学会网站上公示。

### 三. 实验竞赛的启示和思考

1. 举办大学生材料力学实验竞赛这种实验类型竞赛的本身就是一个创新,在全省和全国都是第一次,没有经验可供借鉴。竞赛组委会迎难而上,多次组织专家对竞赛形式、竞赛内容等进行讨论,经过充分的酝酿讨论和反复修改,才最终确定了竞赛方案。在竞赛组委会、专家组和各参赛学校的共同努力下,本次竞赛取得了圆满成功。通过这次实验竞赛的成功举办,组委会积累了宝贵的办赛经验和第一手资料。有一位参赛学校老师感叹道:没想到你们竟然将不可能办成的事办成了!参赛学校对竞赛组委会的工作给予了很高的评价,同时,也提出了一些宝贵的意见。竞赛组委会对为本次竞赛的成功举办作出贡献的专家组成员、各校的参赛选手和指导教师以及承办单位南京航空航天大学教务处、航空宇航学院力学教学中心和力学实验室表示衷心的感谢。

2. 一些参赛学校的指导教师认为,这次实验竞赛对促进各校的材料力学实验教学改革,提高实验教学水平,加强实验室的建设等方面起到了非常好的推动和示范作用。通过竞赛,加强了交流,也看到了与兄弟院校的差距和不足,明确了今后努力的方向。还有一些学校为了参加这次竞赛,增加了实验室建设经费,新购置了实验设备,为进一步搞好实验教学打下了物质基础。通过这次材料力学实验竞赛的成功举办,各参赛学校收集了许多第一手文字和图象资料,可直接供今后实验教学工作参考和借鉴。此次竞赛初赛试卷和决赛试卷,以及电测综合实验的题目和竞赛方法也为各校材料力学实验考核以及开设材料力学综合实验提供了很好的范例。

3. 电测综合实验是实验竞赛决赛的重头戏, 时间为8小时。参赛选手需要根据“电测综合实验任务书”的要求, 自行设计实验方案, 自己布片、贴片, 焊接连接线, 加载, 测试, 记录数据, 最后形成一份完整的实验报告。要能在8小时内完成实验任务书中要求的各项工作, 需要参赛选手具有很好的材料力学的理论知识、熟练的实验技能、综合运用知识的能力、分析问题和解决问题的能力以及团队合作的能力。不少参赛选手在赛后表示, 这次竞赛为他们提供了一个难得的机会, 使他们的身心得到了一次洗礼, 综合能力得到了很好的锻炼, 参加电测综合实验这8个小时的拼搏和煎熬, 将会成为他们终生难忘的经历。

4. 通过这次材料力学实验竞赛, 促进了理论教学与实验教学相结合, 培养了学生的动手能力和创新精神以及综合素质, 也为推进和深化基础力学教学改革积累了经验, 指明了方向。

(江苏省力学学会供稿)

## 会议通知

# “新型工程材料对固体力学的挑战” 中青年专家学术研讨会通知

发达便捷的交通是社会发展的必不可少的, 因而交通工程越来越受到世界各国的重视, 并正处于一个飞速发展的阶段, 我国也一直把交通工程列为国家重点投资的基础建设领域。另一方面, 材料科学的快速发展促使不断出现的新材料越来越广泛地应用于交通领域, 从而在工程设计、施工、监测监控、加固维修、寿命预测等方面对力学工作者提出了许多挑战性的问题。为此, 我们定于2006年1月19日(星期四)至1月22日(星期日)在广州召开《“新型工程材料对固体力学的挑战”中青年专家学术研讨会》, 邀请国内外相关领域的院士、优秀中青年专家、国家基金委相关科学处负责人等约40人参加并做专题报告。会议将以交通工程为背景, 研讨新型工程材料的广泛应用对力学, 尤其是固体力学, 提出的挑战性问题及其对策。会议论文、报告拟在《力学进展》上出专刊。

本次会议由中国力学学会主办, 实验力学专业委员会、华南理工大学和北京交通大学联合承办。诚挚地邀请您与会并作报告。

### ● 会议筹备组

联系人: 黄培彦、汪越胜

联系电话: 13503063338, 13911170925

电话及传真: 020-87114460

电子邮箱: pyhuang@scut.edu.cn; yswang@center.njtu.edu.cn



## 沉痛悼念周履先生

我国著名力学家，华南理工大学二级教授周履先生因病医治无效，于 2005 年 10 月 24 日 2 时 20 分在广州逝世，享年 89 岁。

周履先生 1917 年生于浙江省湖州县。1938 年于上海交通大学毕业后留校任教；1945 年至 1946 年赴美国康乃尔大学攻读硕士研究生，获工学硕士学位，回国后在上海工务局任技士；1947 年至 1950 年又赴美国康乃尔大学攻读博士学位，并获得工学博士学位。1951 年下半年他放弃国外优越的生活和工作条件，毅然回国在岭南大学任教授，1952 年 4 月以后一直任教于华南理工大学（原华南工学院）。曾兼任中国力学学会理事，复合材料力学专业组组长，中国航空学会复合材料专业委员会副主任，国家科技委理论与应用力学学科组成员，广东省力学学会第一届理事会理事长，《复合材料学报》副主编。

周履先生忠诚于党和人民的教育事业，以培养教育事业的接班人为己任。他以孜孜不倦的探索精神、严谨的治学作风、钟爱人才又严格要求的严慈并济的学长风范教书育人，深受大学的尊敬。他积极开展科学研究，学术思想活跃，见解独到，在结构力学、弹性理论、塑性理论和复合材料力学等领域有很高的学术造诣，是我国复合材料力学研究的倡导者和先驱，为我国复合材料力学的发展作出了杰出的贡献。

周履先生一生为人师表，追求真理，平易近人。周履先生的逝世是我国力学界的一个重大损失。我们将永远怀念他。

科协学科发展蓝皮书选登

## 我国复杂系统非线性动力学 理论和应用研究进展

中国力学学会

**摘要** 本文综述近年来我国学者在复杂系统非线性动力学研究中取得的一批有显著特色的成果, 主要分为三大部分。第一部分属复杂非线性振动系统动力学的理论和方法, 包括 C-L 方法的新进展、非线性复杂系统的全局动力学分析、非线性时变动力系统的分岔及其应用、轴向移动体的非线性动力学等。第二部分属神经系统非线性动力学, 包括生物神经时间序列和信息编码研究、神经元模型放电节律模式的非线性动力学和神经元放电活动中的随机共振和自共振等。第三部分属大型旋转机械系统重大振动故障机理分析和工程治理技术, 包括强迫油膜振荡故障分析和治理、裂纹类型故障分析和治理、外伸端不平衡故障分析和治理、转子碰摩动力学分析和控制等。

**关键词** 非线性动力学, 分岔, 混沌, 复杂性

非线性动力学研究非线性系统丰富的运动模式和演化过程, 是非线性科学技术的重要理论基础。非线性动力学研究的目的在于深刻揭示非线性世界的复杂性和多样性, 提出基本的理论和方法, 最终在工程科学、生命科学和社会科学等领域中取得广泛应用。

近年来我国学者根据国际前沿领域的发展趋势, 在复杂系统非线性动力学研究中取得了一批有显著特色的成果, 本文着重就复杂非线性振动系统动力学理论和方法; 神经系统非线性动力学; 和大型旋转机械系统重大振动故障机理分析和工程治理技术的成果进行综述。

### 一. 复杂非线性振动系统动力学理论和方法

#### (一) C-L 方法的新进展

C-L 方法由陈予恕和 W. F. Langford 于 1988 年提出的<sup>[1]</sup>。该方法将 Lyapunov-Schmidt 方法与奇异性理论结合, 建立了周期解分岔的拓扑结构和系统参数之间的关系, 解决了传统非线性振动方法不能确定周期分岔解的难题, 统一了以往文献上有关非线性参数激励振动似乎矛盾的结果。近年来, C-L 方法在理论和应用上又取得重要进展。

在高余维、非对称分岔的普适开折方面, 陈予恕、陈芳启、吴志强等将共振激励非线性系统周期解问题的研究推广到高余维、非对称分岔情形。考虑了黏弹性圆柱壳

单模态振动周期解的分岔及普适开折问题<sup>[2]</sup>, 严格证明了所涉及到的芽的非对称开折余维数为 4, 导出了所有 6 种可能的普适开折形式, 并计算了部分双参数开折的转迁集和摄动保持分岔图。还研究了具有非对称截面转轴的振动问题周期解分岔的普适开折。

约束会导致新的转迁集的产生, 从而影响解的分类问题。在约束分岔分析方面, 吴志强, 陈予恕给出的 10 种基本分岔问题的约束转迁集和约束分岔图的结果, 求出了双边约束分岔的转迁集表达式, 并用于转轴单模态 Galerkin 离散方程周期解分岔分析<sup>[3,4]</sup>。约束分岔理论还可以用于分岔控制及模态相互作用问题的研究。

在高维非线性系统简化方法方面, 对自治非线性系统, 建立了求解正规形直接方法, 建立了系统的求解理论和方法, 并部分实行了程序化。又通过变量复化, 建立了复内积平均法, 避免了积分计算, 简化了计算过程并实行了程序化。

## (二) 非线性复杂系统的全局动力学分析

全局分析是非线性动力学复杂、艰难的研究课题。狭义地说, 全局分析通常是吸引子和吸引域的研究, 还应包括不稳定不变集的研究。广义地说, 全局分析还包括全局分岔和大范围的复杂动力学行为和新现象的研究。

### 1. 非线性系统吸引子、吸引域及其关联的复杂动力学行为

C. S. Hsu 提出的胞映射方法、全局分析的简单胞映射法、基于 Markov 链理论的广义胞映射法等, 创立了一种可用于包括强非线性和随机情形在内的动力学系统全局分析的新的数值分析体系, 受到国际学术界的重视。

徐健学、洪灵近期提出了偏序集图论广义胞映射方法, 用它揭示常微分方程不稳定混沌不变集合(混沌鞍)的存在和定量确定, 而可以区分分形吸引域边界与混沌鞍; 还成功用于激变发生的机制和 Wada 吸引域不确定的现象的研究<sup>[5, 6]</sup>。在筛形吸引域研究中, 谭宁、徐健学、陈永红解析证明混沌同步帐篷映射筛形吸引域存在性, 发现了筛形吸引域孤立值局部—全局筛形分岔的新现象<sup>[7]</sup>。

### 2. 不连续分岔、激变、混沌鞍和不连续分岔的不确定性

Grebogi 等证明映射系统混沌吸引子的不连续变化是由于混沌吸引子和与其共存的不稳定周期轨道发生碰撞而产生, 有 3 种类型, 被称为激变。Stewart 于 1988 年在常微分方程系统中发现了由于碰撞分形吸引域边界导致混沌吸引子的突然消失的不连续分岔, 称为混沌鞍突变。

洪灵、徐健学应用偏序集图论广义胞映射方法, 定量确定了常微分方程的不稳定混沌不变集合(混沌鞍), 进而揭示了激变发生的机制是混沌吸引子与混沌鞍碰撞的结果<sup>[8]</sup>。他们还发现了逃逸方程嵌入在 Wada 分形吸引域边界上的混沌鞍和相关的确定性激变现象, 给出了 Wada 域生灭机理<sup>[9]</sup>。

## (三) 非线性时变动力系统的分岔及其应用

分岔研究的是动力系统的定性行为随着系统控制参数（称为分岔参数）的变化而发生本质的变化。自治系统的分岔问题（其中分岔参数不随时间变化）称为定常分岔，至今已有相当长的研究历史和较多的研究成果。非自治系统的分岔问题（其中参数随时间变化）称为时变分岔，或者非定常分岔。例如，激光器双稳态、弹性动态屈曲，催化反应，工程材料老化，结构突发坍塌等，都是重要的时变分岔现象。

时变分岔与定常分岔有本质上的不同，例如当分岔参数随时间变化经过定常分岔值时，出现分岔转迁的滞后和跃迁现象、双稳态现象和记忆效应，甚至导致新的运动类型。时变分岔的研究虽然有了一些进展，但其研究较定常分岔要复杂和困难得多，至今大都是采用摄动方法和数值方法，尚未建立较一般的定性分析方法。化存才、陆启韶在建立非线性时变系统动力学的定性研究体系方面取得以下主要成果。在理论上，给出时变分岔转迁和分岔转迁区间的有关概念，提出非线性时变动力系统的有限时间稳定性问题和一些判别准则。在方法上，首先利用平衡解的有限时间稳定性去分析含有扰动的时变分岔问题，研究了3种不同的分岔转迁的滞后与跃迁现象，预测出分岔转迁值<sup>[10, 11]</sup>。其次，提出了量级平衡关系分析的新方法，得出了分岔转迁发生的一般性条件和转迁区间。最后，研究了时变动力系统的高余维分岔及其控制问题<sup>[12]</sup>。在应用上，研究了时变分岔在激光动力学中的某些应用<sup>[13]</sup>。

#### （四）轴向移动体的非线性动力学研究

轴向移动连续体是工程中经常使用的结构，例如带传动系统、大型空间站和装配生产线上轴向往复运动的外伸机械臂等。由于必须考虑轴向移动和传动带材料的黏弹性特性的影响，且动力学控制方程中存在陀螺项，移动连续体的建模问题较为复杂。在这类系统中往往出现较大的横向非线性振动和一些复杂的运动形式，例如局部和全局分叉，多脉冲同宿和异宿轨道，Shilnikov型混沌运动等，进行非线性动力学分析也较困难。最近，陈立群和杨晓东研究了变速轴向移动黏弹性梁参数共振的稳定性问题<sup>[14]</sup>。张伟和姚明辉利用能量-相位方法研究了参数激励黏弹性带的多脉冲轨道和混沌运动<sup>[15]</sup>。陈立群等研究了轴向加速运动黏弹性弦线的分叉和混沌运动<sup>[16]</sup>。张伟等研究了参数激励黏弹性传动带1:3内共振时的周期运动和混沌动力学<sup>[17]</sup>。陈树辉和黄建亮利用多元L-P方法分析了轴向运动梁横向非线性振动的内共振问题<sup>[18]</sup>。

## 二. 神经系统非线性动力学

自从 Hodgkin 和 Huxley 在 1952 年首次提出神经元放电的理论模型以来，神经动力学研究有了很大进展，已成为非线性科学与神经科学的交叉前沿研究领域。近年来，西安交通大学、第四军医大学、北京航空航天大学、北京航天医学工程研究所等开展了该方面的交叉学科协作研究，探讨生物神经放电活动和信息编码的动力学机制，得到一系列新的结果。

### (一) 生物神经时间序列和信息编码研究

基于数目无限的不稳定周期轨道构成混沌运动的骨架这一基本事实, 龚云帆、徐健学等提出邻域点和局部动力学的概念, 实现了非线性预报和混沌时间序列降噪等算法, 解决了噪声沿局部动力学不稳定方向被加强的问题<sup>[19]</sup>。谢勇、徐健学等揭示混沌放电的可兴奋性细胞对外界刺激反应敏感的动力学机制, 提出利用周期轨道的信息去刻画混沌放电活动的方法<sup>[20]</sup>; 揭示了加周期分岔过程中从两侧进入混沌放电区间的道路, 以及抛物线和方波簇放电与藜芦碱诱发慢变钠电流地因果关系<sup>[21]</sup>, 国际期刊文献评为: “从理论上澄清了加周期分岔簇放电实验结果”。靳伍银、徐健学等给出动物癫痫皮层脑电相空间重构分析, 得到了传入刺激程度依赖于耦合神经网络中同步和编码的关系<sup>[22]</sup>。

### (二) 神经元模型放电节律模式的非线性动力学研究

神经元(细胞)放电活动在生物神经系统功能中起着重要的基本作用。神经信息编码是通过神经元放电脉冲的复杂非线性动力学行为, 特别是时间节律和振荡模式反映的。为了深入分析神经元放电序列的不同节律模式的复杂性, 我们近五年来结合神经实验结果, 通过数值模拟、基本分岔分析和快慢动力学方法, 研究了神经元模型在不同外界刺激和内在参数激励的作用下所引起的确定性和随机性放电活动, 以及它们的产生机理、动力学性质和转迁过程。

李莉、古华光等通过真实实验和数值模拟, 发现了真实神经丰富的放电节律模式及其转化方式<sup>[23]</sup>。杨卓琴、陆启韶等利用快慢动力学分岔分析方法, 详细研究了神经元模型在 Hopf 分岔附近, 在外界电流、内在参数激励和高斯白噪声共同作用所引起的不同的随机性放电节律模式的动力学性质<sup>[24]</sup>。国际刊物引文认为: “作者在利用快慢分析去了解外激励和噪声对神经元系统的作用方面做了很好的工作”。他们还分析了去极化电流或其它内在参数引起的各种类型的簇放电与峰放电模式<sup>[25]</sup>, 指出了实验中发现的无混沌的加周期分岔的转迁本质<sup>[26]</sup>。龚璞林、徐健学提出了符号序列(狭义)方法和替代数据广义分析法, 用来揭示损伤背根节神经元的确定性整数倍放电的机制<sup>[27]</sup>; 谢勇、徐健学等发现不变环鞍结分岔是神经元产生确定性整数倍放电模式的另一种新的动力学机制<sup>[28]</sup>。

### (三) 神经元放电活动中的随机共振和自共振问题

随机共振, 是指非线性动力系统在具备一定阈值的弱相关输入信号和外部噪声的条件下, 所发生的作为噪声强度的函数的响应。随机自共振(相关共振)则是在无外部激励而只有内在噪声的条件下发生类似随机共振的行为。这种响应具有共振性质, 弱的信号因噪声的作用被放大而被检测到。由于随机共振涉及到多个学科, 其研究具有重要前沿科学意义。

徐健学、龚璞林揭示了可兴奋神经元极限环动态双稳态间跃迁的随机共振新机制<sup>[29]</sup>。审稿人认为：“工作位于随机共振的前沿，扩展了这个概念，打开了更好理解神经系统中的随机共振的大门；给出有显著用途的很详细的分析”。古华光、任维等在神经起步点放电节律实验和数值模拟中发现了随机自共振产生的整数倍节律和阵发周期节律<sup>[30]</sup>。杨卓琴、陆启韶等在此基础上提出了随机性的整数倍放电节律模式的随机自共振动力学机理<sup>[31]</sup>，审稿意见指出：该文“合理地解释了从90年代以来，国内外学者在许多神经元放电实验和数值模拟中发现的在无外界激励情况下出现的整数倍放电节律模式现象，定性地证实了高斯白噪声的关键性作用。”徐健学、张广军给出FHN神经元模型运动分岔点邻域跃迁的随机共振机制，和神经元积分放电模型中的随机共振<sup>[32]</sup>。

### 三. 大型旋转机械系统重大振动故障机理分析和工程治理技术

大型高速旋转机械是现代工业社会的重要装备，广泛应用于电力、航空、机械、化工、纺织等领域。设备故障往往会引起突发性振动事故、以致机毁人亡的恶性后果。分析表明，这些重大振动故障和事故往往表现为低、高频振动失稳，它们与机组的各种非线性因素密切相关。因激励复杂、因素众多，以往工程设计多以线性理论为依据，现场故障治理方面以经验为主，缺少深刻的理论指导，因此需要用非线性振动理论进行分析并找到治理方法<sup>[33, 34]</sup>。该综合治理技术分别在天津、唐山、辽宁、内蒙古、黑龙江等多个电厂机组故障治理中得到应用，取得重大经济效益。

#### (一) 强迫油膜振荡故障分析和治理

强迫油膜振荡是大型旋转机械轴承转子系统最典型和常见的失稳问题，危及机组的安全生产，甚至引起灾难性事故。

在1/2亚谐共振分岔模型与机理分析方面，陈予恕、丁千等建立了柔性转子-轴承系统的受迫（周期扰动）亚谐共振分岔模型，研究偏心量、轴承几何尺寸、润滑油参数、轴承负荷分配关系等综合因素对故障振动特性的影响<sup>[35]</sup>。张宇、陈予恕在轴系支撑内共振分岔模型与机理分析方面，建立了转子-轴承-基础内共振动力学模型和进行分析<sup>[36]</sup>。丁千、曹树谦、郎作贵在柔性联结的两跨滑动轴承-转子实验中，发现油膜失稳过程中两跨振动相互强烈影响的双低频新现象<sup>[37]</sup>。

#### (二) 裂纹类型故障分析和治理

大型汽轮机转子负载巨大，运行于恶劣的环境，裂纹故障是常见故障之一。随着机组容量和运行参数提高，这一问题更加突出。同时在一些旋转设备中，还会出现一些类似裂纹类型故障的问题，在实际故障分析中易被漏诊、误诊。为此建立了裂纹转轴的非线性参激理论分析方程。周桐、徐健学分析了裂纹深度、角度、激励频率、阻尼比等因素影响下的裂纹转子动力学规律，得到了在各种运动方式下的故障特征<sup>[38]</sup>。



### (三) 外伸端不平衡故障分析和治理

轴系不平衡是最常见的机组故障。虽然不平衡故障本身是线性问题,但由于大型机组结构的复杂性,往往要考虑到结构本身的非线性特点,动平衡技术才能够达到较好的运用效果。在非线性轴系不平衡模型与机理分析方面,陈予恕等建立了动平衡的影响系数矩阵和传递函数矩阵的关系。对于外伸轴,针对较大不平衡量带来变形非线性,计算了振动信号中非线性成分的比例关系,为实际轴系不平衡的判定提供了依据。

### (四) 转子碰摩动力学分析和控制

现代旋转机械的工作转速高于一阶甚至几阶临界转速,其启动、停车过程均属非稳态动力学过程,包括:过临界转速时的动静碰摩,油膜(密封)涡动、振荡,以及涡动导致的碰摩失稳等。严重的碰摩会导致机械的激烈振动和发热,影响正常运行,甚至损坏部件,出现重大事故。转子的碰摩通常是多自由度、非线性、非光滑的动力学行为,其理论、数值分析和实验有很大难度。近年来,我们对转子系统的非稳态运动和碰摩动力学与控制问题开展较多研究。

在转子碰摩动力学方面,首先,建立了有刚性约束的碰摩转子系统的约束微分系统模型、转子—弹性机壳系统的分段光滑系统模型,还进一步考虑非线性油膜力作用、碰摩过程的热弹性效应等复杂因素去完善碰摩动力学模型<sup>[39,40]</sup>。然后,详细分析了碰摩的非稳态过程,研究了次谐周期运动存在性和稳定性、吸引域、分岔,以及碰摩振动的动力学特征,讨论了转动角速度、偏心量、间隙、接触刚度、摩擦系数和油膜特性参数等对碰摩的影响,为工程设计提供重要的参考依据<sup>[41~43]</sup>。

在减少转子临界振幅和抑制碰摩失稳方面,提出了一些有效的新措施。例如,王士敏、陆启韶利用转子经过临界转速时的相位特性,提出减小转子临界振幅的相位调制方法<sup>[44]</sup>;张思进、陆启韶提出了利用延迟反馈混沌控制消除转子碰摩的方法;丁千提出了利用变刚度的支撑抑制碰摩失稳的方法等<sup>[45]</sup>。

### 参考文献

1. Chen Y S, Leung Y T. Bifurcation and chaos in Engineering. Springer-Verlag, 1998
2. 陈芳启,吴志强,陈予恕. 黏弹性圆柱壳动力学高余维分岔、普适开折问题. 力学学报, 2001, 33(5): 661~668
3. Wu Zhiqiang, Chen Yushu. Classification of bifurcations for nonlinear dynamical problems with constraints. *Appl. Math. Mech.*, 2002, 23 (5): 535~541
4. Wu Zhiqiang, et al. Bifurcation analysis on a self-excited hysteretic system. *Int. J. Bifurcations & Chaos*, 2004, 14(8): 2825~2842
5. 徐健学,洪灵. 全局分析的广义胞映射图论方法. 力学学报, 1999, 31 (6): 724~730

6. Hong Ling, Xu Jianxue. Crises and chaotic transients studied by the generalized cell mapping digraph method. *Phys. Lett. A*, 1999, 262 (4-5): 361~375
7. Tan Ning, Chen Yonghong, Xu Jianxue. A special bifurcation of riddle basin in two coupled skew tent maps. *Chaos, Solitons, and Fractals*, 2003, 18 (1): 17~23
8. Ling Hong, Jianxue Xu. Discontinuous bifurcations of chaotic attractors in forced oscillators by generalized cell mapping digraph (GCMD) method. *Int. J. of Bifurcation and Chaos*, 2001, 11 (3): 723~736
9. Hong Ling, Xu Jianxue. Chaotic saddles in Wada basin boundaries and their bifurcations by generalized cell mapping digraph (GCMD) method. *Nonlinear Dynamics*, 2003, 32 (4): 371~385
10. Hua Cuncai, Lu Qishao. Time-dependent bifurcation: a new method and applications. *Int. J. Bif. Chaos*, 2001, 11(12):3153~3162
11. Hua C C, Lu Q S, Twizell E H. A time-dependent model: bifurcating transition, control and pulsing oscillation. *J. Physics A: Math. and Gen.*, 2002, 35(29): 6091~6100
12. Lu Q S, Hua C C. A time-dependent bifurcation model with control and pulsing oscillations. *Int. J. Modern Phys. B*, 2003, 17(22-24): 4260~4266
13. 化存才,陆启韶. 吸收型光学双稳态方程的时变分岔及其动力学行为. *物理学报*, 2000, 49(4):733~740
14. Chen L Q, Yang X D. Stability in parametric resonance of axially moving viscoelastic beams with time-dependent speed. *Journal of Sound and Vibration*, 2005, 284: 879~891
15. Zhang W, Yao M H. Multi-pulse orbits and chaotic dynamics in motion of parametrically excited viscoelastic moving belt. *Chaos, Solitons and Fractals*, 2005 (in press)
16. Chen L Q, Wu J, Zu J W. Asymptotic nonlinear behaviors in transverse vibration of an axially accelerating viscoelastic string. *Nonlinear Dynamics*, 2004, 35: 347~360
17. 张伟,温洪波,姚明辉. 参数激励黏弹性传动带 1:3 内共振时的周期运动和混沌动力学. *力学学报*, 2004, 36: 443~454
18. 陈树辉,黄建亮. 轴向运动梁非线性振动内共振研究. *力学学报*, 2005, 36: 57~63
19. Gong Y F, Ren W, Shi X Z, Xu J X, Hu S J. Recovering strange attractors from noisy interspike intervals of neuronal firings. *Phys. Lett. A*, 1999, 258 (4-6): 253~262
20. Xie Yong, Xu Jian-Xue et al. Dynamical mechanisms for sensitive response of aperiodic firing cells to external stimulation. *Chaos, Solitons, and Fractals*, 2004, 22 (1): 151-160
21. Xie Yong, Duan Yu-Bin, Xu Jian-Xue et al. Parabolic bursting induced by veratridine in rat injured sciatic nerves. *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 2003, 35 (9): 806~810
22. Jin Wu-Yin, Xu Jian-Xue, Wu Ying, Hong Ling. Rate of afferent stimulus dependent synchronization and coding in coupled neurons system. *Chaos, Solitons, and Fractals*, 2004, 21 (5): 1221~1229
23. Li L, Gu H G et al. A series of bifurcation scenarios in the firing transitions in an experimental neural pacemaker. *Int. J. Bif. Chaos*, 2004, 14(5): 1813~1817

24. Yang Zhouqin, Lu Qishao. GWN-induced bursting, spiking, and random subthreshold impulsing oscillation before Hopf bifurcations in the Chay model. *Int. J. Bif. Chaos*, 2004, 14(12): 4143~4159
25. Yang Z Q, Lu Q S et al. Bursting and spiking in Chay model with additional current. *Chaos, Solitons, and Fractals*, 2006, 27(3): 689~697
26. Yang Zhuoqin, Lu Qishao, On the nature of period-adding bursting bifurcation without chaos in the Chay neuron model. *Chinese Phys. Lett.*, 2004, 21(11): 2117~2124
27. Gong Pulin, Xu Jianxue, Long Kaiping, Hu Sanjue. Chaotic interspike intervals with multi-peaked histogram in neurons. *Int. J. Bif. Chaos*. 2002, 12 (2): 319~328
28. Xie Yong, Xu Jian-Xue, Hu San-Jue. A novel dynamical mechanism of neural excitability for integer multiple spiking. *Chaos, Solitons, and Fractals*, 2004, 21 (1): 177~184
29. Gong Pu-Lin, Xu Jian-Xue. Global dynamics and stochastic resonance of forced FitzHugh-Nagumo neuron model. *Phys. Rev. E*. 2001, 63 (3): 031906-01—031906-10
30. Gu H G, Ren W, Lu Q S et al. Integer multiple spiking in neuronal pacemakers without external periodic stimulation. *Phys. Lett. A*, 2001, 285: 63~68
31. Yang Z Q, Lu Q S et al. Integer multiple spiking in the stochastic Chay model and its dynamical generation mechanism. *Phys. Lett. A*, 2002, 299: 499~506
32. Zhang Guang-Jun, Xu Jian-Xue. Stochastic Resonance induced by novel random transitions of motion of FitzHugh-Nagumo neuron model. *Chaos, Solitons, and Fractals*, 2005, 23(4): 1439~1449
33. 陈予恕, 田家玉, 金宗武, 丁千. 非线性转子动力学理论及在大型汽轮发电机组故障诊治中的应用. *中国机械工程*, 1999, 15 (4): 1063~1068
34. 闻邦椿, 武新华, 丁千, 韩清凯. 故障旋转机械非线性动力学的理论与试验. 北京: 科学出版社, 2004
35. 陈予恕, 丁千, 孟泉. 非线性转子的低频振动失稳机理分析, *应用力学学报*, 1998, 15 (1): 113~117
36. 张宇, 陈予恕. 转子—轴承—基础非线性动力学研究. *振动工程学报*, 1998, 11(1): 24~30
37. 丁千, 曹树谦, 郎作贵. 多跨弹性转子—轴承系统动力学的实验研究. *工程力学*, 2005, 22 (2): 162~167
38. Zhou Tong, Xu Jianxue. Dynamic analysis and diagnosis of a cracked rotor. *ASME J. Vib. Acous.*, 2001, 123 (4): 539~543
39. 张思进, 陆启韶. 碰摩转子系统的非光滑分析. *力学学报*, 2000, 32(1): 59~69
40. 陆启韶, 张思进, 王士敏. 转子—弹性机壳系统的分段光滑模型分析. *振动工程学报*, 2000, 13(2): 178~187
41. Ding Q, Chen Y S. Non-stationary motion and instability of a shaft/casing system with rubs. *J. Vib. Control*, 2000, 7(3): 327~338
42. Sun Zhengce, Xu Jianxue, Zhou Tong. Analysis on complicated characteristics of a high-speed rotor system with rub-impact. *Mechanism and Machine Theory*, 2002, 37 (7): 659~672
43. Lu Q S, Li Q H, Twizell E H. Periodic motions in rub-impact rotor systems. *J. Sound Vib.*, 2003,

- 264: 1127~1137
44. Wang S M, Lu Q S, Twizell E H. Reducing lateral vibrations of a rotor passing through critical speed by phase modulating. *ASME J. of Engr. for Gas Turbines and Power*, 2003, 125(3): 766~771
  45. Ding Q. Backward whirl and its suppression of a SFD-mounted rotor/casing system in passage through critical speed with rubs, *J. Vibr. Control*, 2004, 10(4) : 561~574

(执笔人: 陆启韶、陈予恕、徐健学、吴志强、丁千、张伟)

## 《力学与实践》2006 征订单

《力学与实践》是力学学科发行量最大、读者面最广的综合性学术刊物。它刊登力学及其交叉学科进展；报道力学应用成果和力学教育进展；介绍成就突出的力学工作者、力学史、学术活动、力学趣话、新书评介等，在国内力学刊物中独具特色。它以工程技术人员、科研人员和院校师生为对象，帮助他们丰富力学知识、开阔视野、活跃学术思想。创刊 20 多年来刊物受到广大读者的喜爱，多次荣获中科院和中国科协期刊评比的奖项，堪称“读者之友”。

本刊为双月刊，每期 96 页，邮发代号：2-178；国外刊号：BM 419；刊号：CN11-2064/O3；ISSN 1000-0879。每期定价 15 元，全年 90 元。

欢迎力学及相关学科同仁订阅我刊，定刊可到邮局，个人订刊可与编辑部直接联系，并享受八折优惠。

编辑部地址：

北京北四环西路 15 号 中国科学院力学研究所内 邮编：100080

电话：010-62554107 传真：010-62559588

电子信箱：lxsj@cstam.org.cn

## 《力学进展》2006 征订单

《力学进展》1971 年 9 月创刊，是由中国科学院主管，中国科学院力学研究所主办的，中国力学界唯一的以综述、评论力学研究进展为特色的学术期刊。其宗旨是为促进力学学科的发展和力学人才的成长服务。它的读者对象是力学及相关学科领域的科研、教学、决策管理人员及高等学校师生。她既着重反映力学前沿的重要进展，新兴领域中的活跃状态，以及力学与其它学科交叉的研究进展，也反映那些历史较为悠久的分支学科中的新进展。

本刊为季刊，大 16 开，每期 144 页，邮发代号：82-331；国外代号：Q693；刊号：CN11-1774/O3；ISSN1000-0992。2006 年每期定价 45 元，全年 180 元。欢迎力学及相关学科同仁订阅我刊，定刊可到邮局，也可与编辑部直接联系：

北京海淀区北四环西路 15 号，中国科学院力学研究所，《力学进展》编辑部。

邮编：100080

电话：010-62637035 传真：010-62559588

E-mail: lxjz@cstam.org.cn or lxjz@imech.ac.cn

网址：www.cstam.org.cn/lxjz/lxjz.asp

## 《ACTA MECHANICA SINICA》 2006年征订单

《ACTA MECHANICA SINICA》是中国力学学会主办的学术期刊，刊登力学和相关交叉学科在理论研究、实验研究及在国民经济建设中具有创新性的优秀论文，收录刊登中国力学界最优秀的论文。与《力学学报》是相互独立的刊物，不是《力学学报》的英译本。《ACTA MECHANICA SINICA》已录入美国ISI的SCI CDE、《EI》、英国《SA》和美国的《MR》等国际重要检索刊物，2004年SCI影响因子达到 0.719。从2005年开始由国际著名出版商Springer-Verlag印刷发行，并出版在线版。

本刊为双月刊，每期96-120页，每期定价100元，全年定价600元。

## 《力学学报》2006年征订单

力学学报是力学学科的综合性学术刊物。它遵循理论与实践统一和百花齐放、百家争鸣的方针，主要刊载：在理论上、方法上以及对国民经济建设方面，具有创造性的力学理论、实验和应用研究论文，综述性的专题论文以及研究简报，学术讨论等，以促进力学学科的发展，为社会主义建设服务。读者对象主要为从事力学工作的科研人员、高等院校师生以及工程技术人员。栏目设置有研究论文和研究简报等。

本刊为双月刊，每期144页，邮发代号：2-814；国外刊号：BM54；刊号：CN11-2062/O3；ISSN0459-1879。每期定价40元，全年240元。

### 两刊订购办法：

《力学学报》：可到邮局，也可与编辑部直接联系。

《ACTA MECHANICA SINICA》：请与编辑部联系。

### 两刊汇款方式：

邮局汇款请寄：100080 北京北四环西路15号《力学学报》编辑部 闻玲 收。

银行汇款请汇至：户名：中国力学学会

开户行：北京工商行海淀镇分行

帐号：04509089137911，（请注明订刊名称）

### 编辑部联系方式：

电话：010-62536271, 62559209； 传真：010-62559588

E-mail: [Lxxb@cstam.org.cn](mailto:Lxxb@cstam.org.cn)